C. D. 624.13.001.57
624.131.526

SOME RESULTS OF SETTLEMENTS OBSERVATIONS IN ACTUAL STRUCTURES AND IN MODELS[1]

MANUEL ROCHA
Chief Research Engineer, 2nd Department,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

JOSÉ FOLQUE
Head of Foundations Section, 2nd Department,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

I — **Summary.** —The results are presented of the observations — carried out on four structures — of foundation settlements, together with the corresponding values predicted for those structures on the basis of the current methods of predicting settlements.

In two cases, relating to foundations built on sandy soils, the settlements were predicted from the results of field load-tests. The values observed were found to be in very good agreement with the predicted ones.

In the other two cases, which concerned foundations on clayey soils, the predictions were based on the results of consolidation tests and led to values considerably higher than those observed. Scale models of the structures were built, undisturbed samples of the soils of the prototypes having been used to reproduce the layers under consideration. Tests carried out on these models have led to values in a remarkably close agreement to reality.

II — Short description of works and tests

a) *Abattoir and building for frozen storage* — This is a framed reinforced-concrete structure designed for heavy loads and possessing some 400 spread footings, whose distance apart, taken between the axes of consecutive footings, is 5 metres. Each footing, whose cross-section is a square of 2,3 m-side, carries a load of about 500 tons, thereby applying compressive stresses of the order of 9 $kgcm^{-2}$ to the foundation soil.

The foundations rest directly on fairly regular tertiary formations, consisting of alternating layers of calcareous sandstone, fine clayey sand and heavily pre-consolidated clay (fig. 1).

To predict the settlements of the structure an investigation was carried out on the compressibility of the different layers, by means of laboratory consolidation-tests (oedometer tests) of undisturbed samples.

The vertical-stress distribution along the vertical going through each point considered was determined by using Newmark's nomograms, that is to say, the conditions of both homogeneity and isotropy involved by Boussinesq's equations were assumed to hold.

Fig. 2 gives the values predicted for one of the 20 footings under observation, as well as the corresponding values observed for the actual structure These observations are being carried out by means of geometrical precision leveling for which an instrument of 0,1 mm-accuracy is used. The reference points adopted are four bench marks located at a distance of about 100 m from the structure.

As shown in fig. 2 the predicted values are in comparatively large excess of the actual ones. Such a discrepancy was ascribed to the fact that the stress-distribution as given by Boussinesq's equations does not hold in the case under consideration, mainly owing

(1) Este artigo é o segundo duma série de três que vão ser distribuídos como separatas da «Técnica» aos membros do Congresso da Associação Internacional de Mecânica dos Solos, o qual tem lugar em Zurique no próximo mês de Agosto. Os autores pediram a sua publicação em inglês por ser esta, com o francês, uma das línguas oficiais do Congresso e aquela em que os trabalhos se encontravam redigidos quando, a dois meses do Congresso, já portanto sem tempo para poderem ser traduzidos para francês e distribuídos, se apresentaram para publicação na «Técnica».

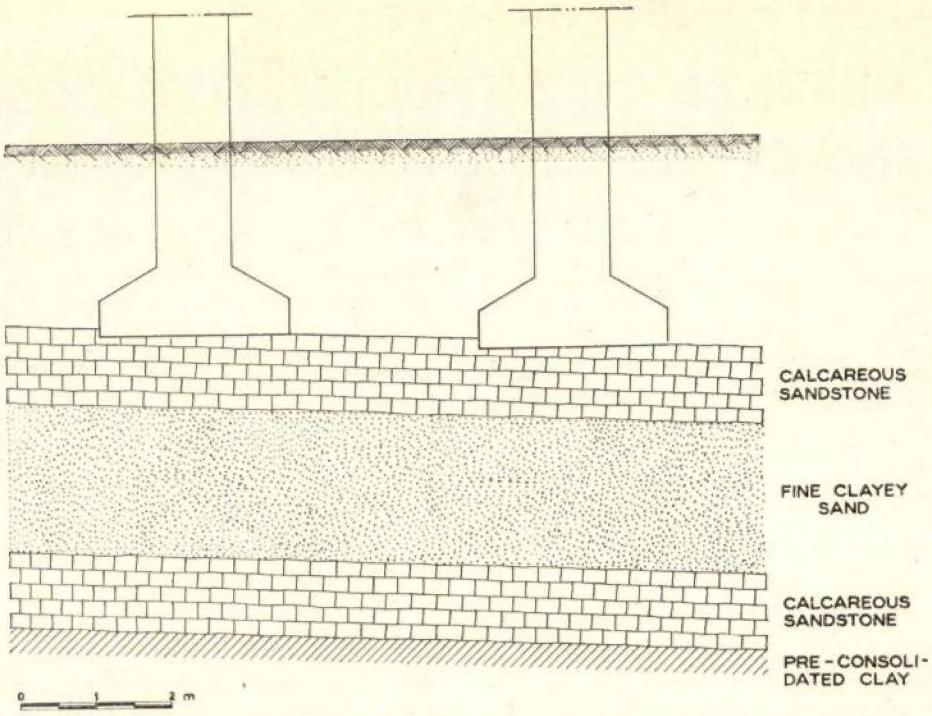


Fig. 1

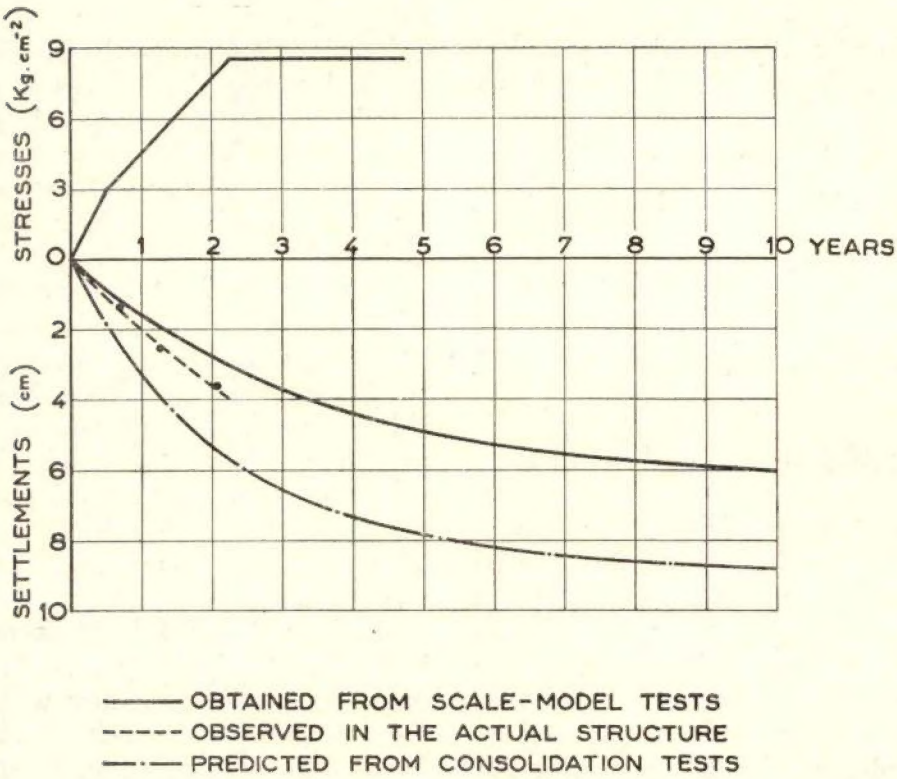


Fig. 2

to the large stiffness of the underlying calcareous layers.

On account thereof, it was decided to carry out a model test. Since a trial evaluation had led to the conclusion that the settlements of a given footing are only slightly affected by the footings in the neighbourhood (15 % of the total settle-

ment), it was decided to make a model of a single footing, of scale $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}$. Fig. 3 represents a sketch of this model.

The fine clayey sand and the preconsolidated clay layers were reproduced in the model by means of undisturbed samples of the corresponding formations. The calcareous sandstones were reproduced by means of no-fines concrete.

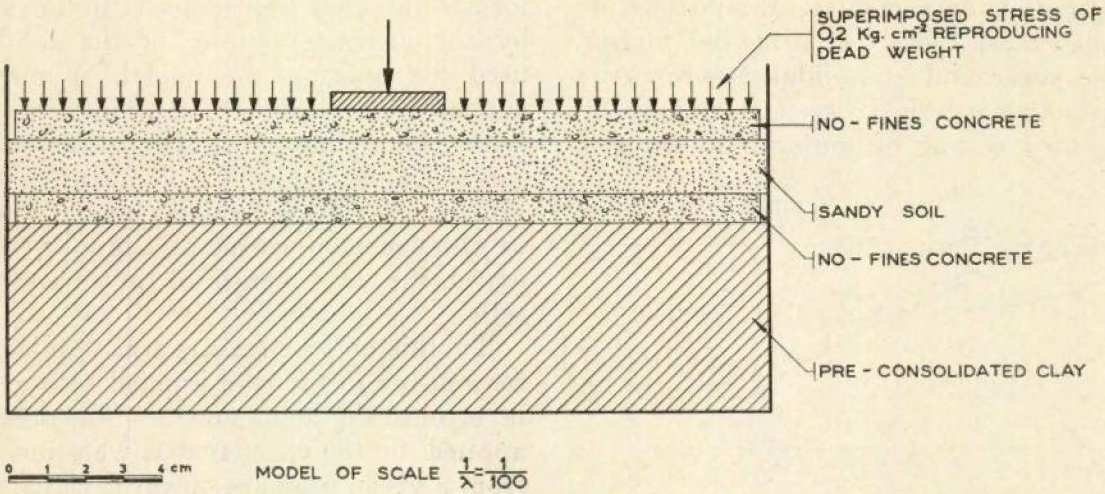


Fig. 3

Let homologous forces of scale $\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{10.000}$ be applied to such a model at instants of same scale, i. e. $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{10.000}$. At instants of this scale, according to the results obtained by the senior author [1], the stresses developed in the model will be equal to those developed in the prototype, and the settlements will be to scale $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}$, providing it is assumed that secondary time-effect need not to be taken into account.

The upper part of fig. 2 illustrates the time-variation of the stresses applied by the spread footings, which stresses reached the final value of nearly 9 $kgcm^{-2}$ after 2 years, as the structure was completed. Consequently, the stresses applied to the model footing reached this value after 7 days.

In fig. 2 are represented the results obtained from the observation of the model, which are in very good agreement with those observed in the structure itself. The settlements values given by the model were found to be smaller than those observed in the prototype, maybe because the observation of the prototype had taken a sufficiently large time to allow the secondary time-effect to become perceptible.

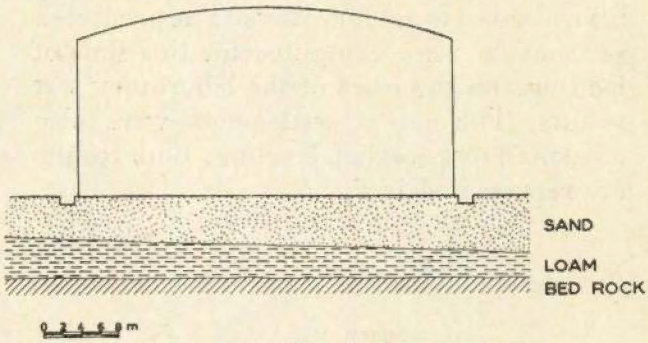


Fig. 4

b) *Tanks for liquid fuel storage* — This study was carried out for a group of large-capacity tanks, each about 40 m in diameter and 20 m high (fig. 4). The tanks had been initially given a foundation bearing

[1] Rocha, M. «Similarity conditions in model studies of Soil Mechanics problems», Section 5, a).

directly upon a 4 m thick sand layer resting on a 5 m thick loam layer, in a very soft state. Beneath these there were very hard tertiary formations Afterwards it was deemed necessary to proceed with the strengthening of the foundations; among the investigations carried out for this purpose are included those shortly reported hereinafter.

The shear and consolidation properties of the soils concerned were determined by laboratory testing of undisturbed samples.

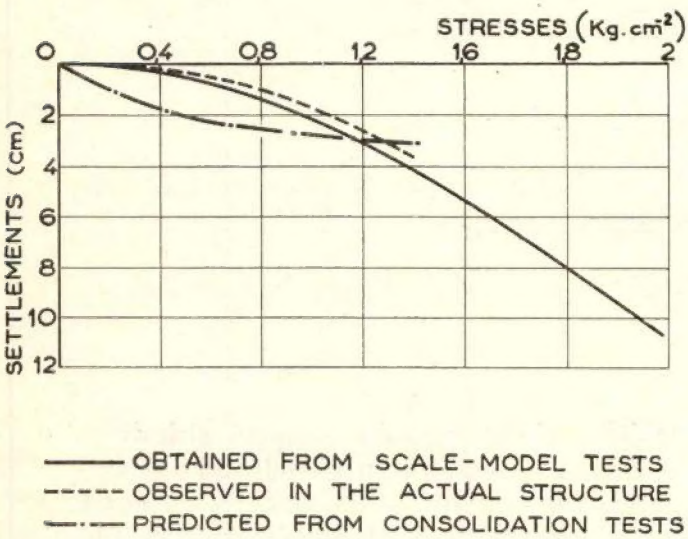


Fig. 5

A tank was partly filled with water which reached a 7 m-elevation after 1 day, the load thus applied to the foundation having been allowed to act for 4 days. The predicted settlements were computed for this time of loading, on the basis of the laboratory test results. The actual settlements were also measured by precision leveling. Both results are represented in fig. 5.

A model of scale $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}$ was constructed of the above tank including the foundation soil, as illustrated by fig. 6. To reproduce the sand and loam layers use was made of undisturbed samples. The hard bedrock-formations were reproduced in the model by the concrete bottom of the container used for making the model. A circular rubber mat reproduced the tank, the pressures corresponding to the different load stages being achieved by means of compressed air. A ring rubber mat, connected to another compressed-air supply, reproduced the dead weight of the surrounding soils.

To this mat a pressure was applied corresponding to the load applied by the sand layer onto the loam surface. The pressures applied to the circular mat were incressed from a given pressure onward, which pressure reproduced the dead weight of the sand layer.

Like in the instance dealt with under a), stresses equal to those of the prototype were applied at instants of scale $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{10.000}$.

The results obtained by observing the model, as represented in fig. 5, are in fairly good agreement with those observed in the prototype.

The considerable difference between the observed settlements and those predicted from the consolidation tests is certainly to be ascribed to important slides occuring even under the action of very low stresses.

As was to be expected, the agreement between prototype and model is found to

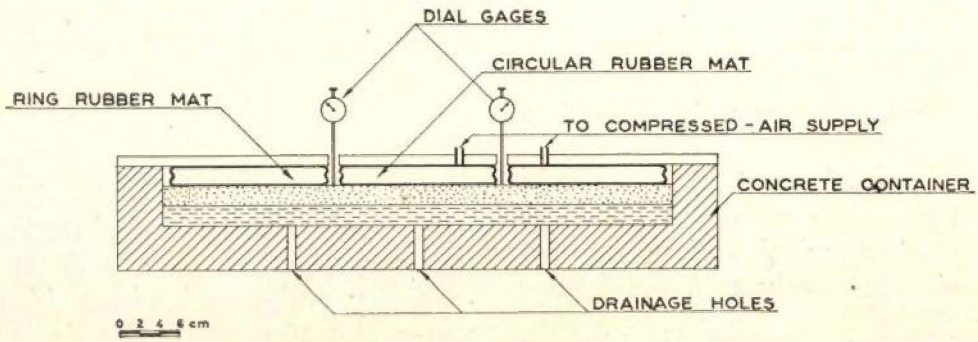


Fig. 6

exist for any magnitude of the stresses, even where conspicuous ruptures do occur. It should be emphasised that this agreement exists in spite of the action of the dead load having been replaced by a pressure acting on the surface, thus giving rise to a state of stress not affected by depth, which may impair the similarity where slides take place. Fig. 7 gives a picture of the model in course of observation.

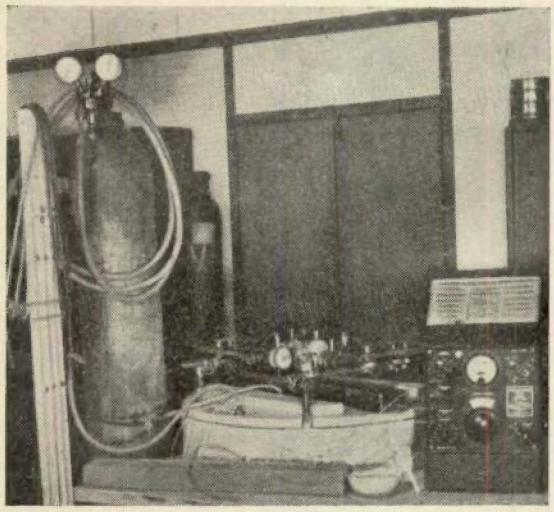


Fig. 7

As a practical means of strengthening the foundations, the analysis was undertaken of the performance of a confining system as sketched in fig. 8. By using a scale steel ring and electric strain-gauges, (fig. 9), stresses were measured in the model, from which it was possible to evaluate the thrust expected to be exerted upon the confining system.

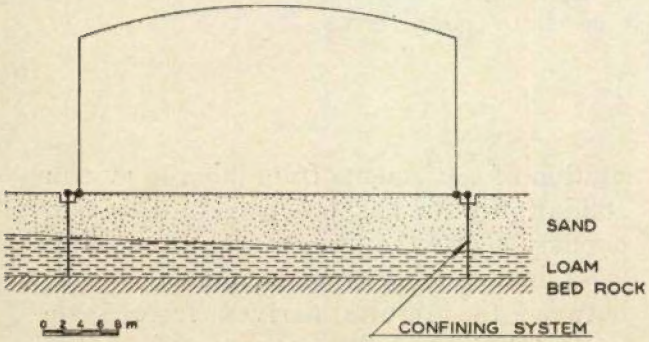


Fig. 8

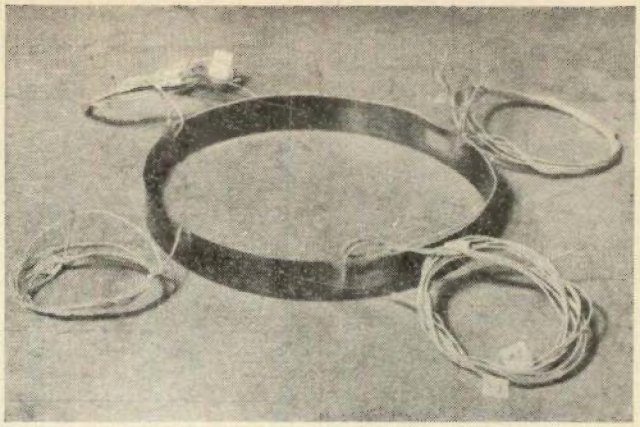
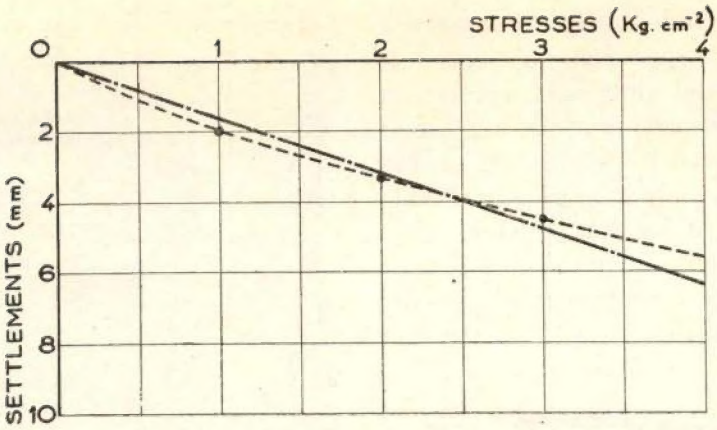


Fig. 9

The magnitude arrived at was 31 t per meter of height of the confining system. It should be noted that, if the coefficient of pressure $K = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$ is assumed to be 0,45 for the sandy soil and 0,80 for the loam, a value close to 39 t is found analytically.

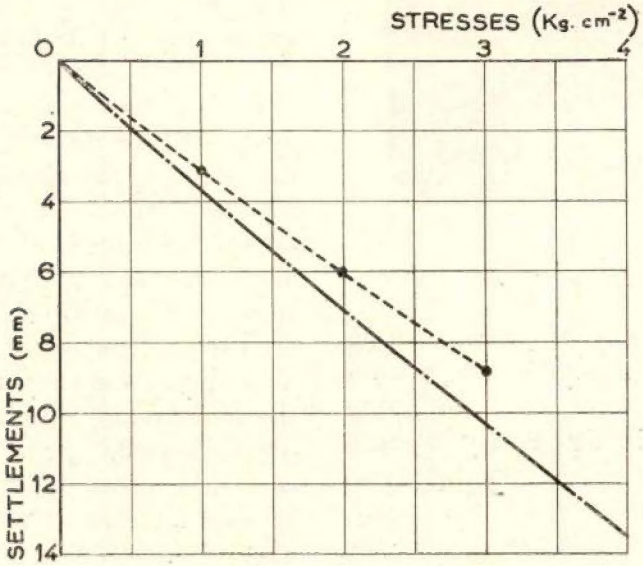
c) *Elevated water-tanks* — The two tanks dealt with hereinafter are approximately of the same type as regards both structure and dimensions. They are founded on ring-shaped footings, about 11 m in external diameter and 3 m wide, whose bearing pressure is of the order of 4 kg cm^{-2}. One of them, located at Aveiro, is founded on a clayey sand layer, 4 m in depth below the foundation, which rests on heavily pre-consolidated, practically undeformable soil. The other tank, located at Almeirim, is also founded on a sandy soil which reaches a considerable depth.

The predicted settlements were determined, for both instances, from the results of in-situ load tests. The law governing the variation of compressibility with depth was determined from load tests carried out by using square plates of two different sizes, $0{,}30 \times 0{,}30$ and $1{,}50 \times 1{,}50$ m. In fig. 10 and 11 are shown both the predicted settlements and the actual ones, for Aveiro and Almeirim water-tanks respectively. These were measured by precision leveling, bench marks located over 30 m apart from the tanks having been used as reference points.



----- OBSERVED IN THE ACTUAL STRUCTURE
—·— PREDICTED FROM IN SITU LOAD TESTS

Fig. 10



----- OBSERVED IN THE ACTUAL STRUCTURE
—·— PREDICTED FROM IN SITU LOAD TESTS

Fig. 11

III — **Conclusions.** — From the results arrived at the following conclusions may be drawn.

— The prediction of settlements from in situ load tests has led to a close agreement to reality, in the case of sandy soils.

— For loam or clayey soils, the prediction of settlements from laboratory consolidation-tests has led to results conspicuously larger than the actual ones. There was, however, a remarkable agreement between the results derived from scale-model tests and those recorded for actual structures.

C. D. 624.131.6:624.131.439.2

CAPILLARITY AND SOIL COHESION [1]

by ÚLPIO NASCIMENTO

Head, Roads and Aerodromes Section, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

1 — **Introduction.** — Among the manifold phenomena relating to the behaviour of water in soils there are a few whose current explanation appears not to be satisfactory when account is taken of the present stage of soil mechanics; as such, those of cohesion and of restitution of deformations due to soil consolidation can be instanced.

In this paper the author endeavours to explain both phenomena on the basis of the energy conception of surface-tension (amount of energy per unit area of the interface) as used in Physics since the time of Gauss and Van der Waals [6], instead of the tensor conception (force per unit length of a line lying on the interface), introduced by von Segner [6] and replaced by the former about a hundred years ago [5,6].

For that purpose use is made of the drawing given in fig. 1, according tho wich the porosity of a given soil may be expressed in terms of the average thickness (ε) of the voids round each grain.

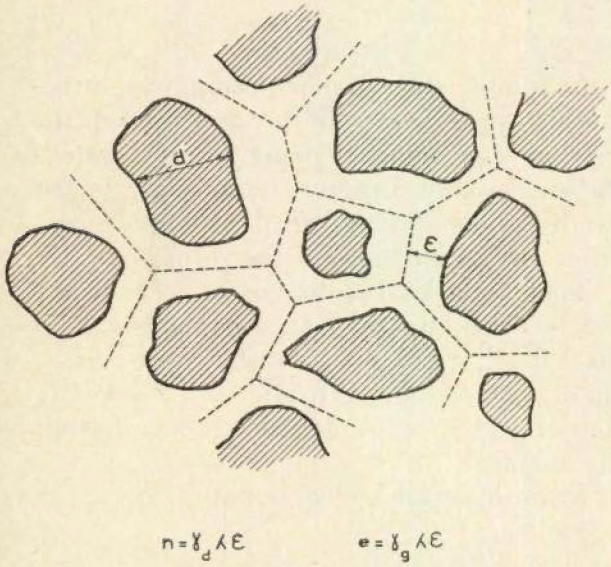


Fig. 1 — A plot relating porosity (n) and void ratio (e) of a soil to its specific surface (λ), bulk or grain specific gravity (γ_d or γ_g) and thickness of the voids film (ε).

The porosity (n) will thus be given by the product of three quantities, namely the specific surface (λ), the unit weight of dry soil (γ_d) and the average void thickness (ε):

$$n = \lambda \, \gamma_d \, \varepsilon \qquad (1)$$

An approximate calculation of the specific surface of the different soils by means of eq. (1) shows that its values range from only few $cm^2 . g^{-1}$ for coarse gravel up to more than 10,000 or even 100,000 $cm^2 . g^{-1}$ for colloidal clays. From eq. (1) void thicknesses (ε) can be deducted ranging from 1 millimeter for coarse gravel down to few hundreths of micron for colloidal clays, i. e. to the same order of magnitude as the thickness of the film in wich surface phenomena are sensible; in fact, the values assigned to such a thickness by several authors range between 0.01 μ and 0.001 μ.

2 — **Present stage of the question.** — In the XVIIIth century Jurin showed that the height of capillary rise (h_c) varies inversely as the radius of the tube (r) [2] at the position of the meniscus, but that it does not depend upon the form of the tube at its lower part.

This law has afterwards been combined with the notion of *surface tension* introduced by von Segner [6]. Let h_c denote the height and r the radius of a capillary water column; by equating its weight ($\pi r^2 h_c \gamma_w$) to the force through which the column hangs from the circular boundary of the meniscus ($2 \pi r T_s$), the following expression is derived for Jurin's law:

$$h_c = \frac{2 T_s}{\gamma_w r}, \qquad (2)$$

(1) Este artigo é o último duma série de três que vão ser distribuídos como separatas da «Técnica» aos membros do Congresso da Associação Internacional de Mecânica dos Solos, o qual tem lugar em Zurique no próximo mês de Agosto. Os autores pediram a sua publicação em inglês por ser esta, com o francês, uma das línguas oficiais do Congresso e aquela em que os trabalhos se encontravam redigidos quando, a dois meses do Congresso, já portanto sem tempo para poderem ser traduzidos para francês e distribuídos, se apresentaram para publicação na «Técnica».

where it is:

h_c = height of capillary rise (cm)
T_s = surface-tension of water (0.075 g. cm^{-1})
γ_w = specific gravity of water (1 g. cm^{-3})
r = radius of the capillary tube (cm)

By applying eq. (2) to the case when the tube is supposed to be replaced by two planes whose distance apart be 2ε, it follows that:

$$h_c = \frac{T_s}{\gamma_w \varepsilon} \qquad (3)$$

The seat of the capillary effect is therefore located at the meniscus which separates the liquid from the gaseous medium; this effect appears as a superficial tension, acting on the meniscus, wich is precisely the surface-tension.

This concept has been revised by Leslie, who, in the XIXth century, was the first to give a correct explanation of the phenomenon, by ascribing the capillary rise to the attraction exerted by the solid walls upon a very thin film of the liquid in contact with them. He considered this attraction to act not in an upward direction but in the direction of the normal to the surface of the solid body, thus causing the pressure in the liquid to increase within the contact film.

Laplace, who afterwards studied the capillary phenomena, considered each molecule within the liquid to be acted upon by atractive forces exerted by all the other molecules lying inside a *sphere of molecular action* of a radius equal to the distance at which such actions are sensible.

As a result of these attractions a pressure acts inside the liquid, and is called by Laplace *intrinsic pressure*[2, 5, 6].

For points very close to the surface of the meniscus this pressure will be either increased or decreased by a quantity depending on both the nature of the liquid and the curvature of the meniscus. For the resultant-pressure Laplace found the following expression:

$$p = K + \frac{H}{2}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right), \qquad (4)$$

where it is:

K = intrinsic pressure ($g.cm^{-2}$),
H = a constant on which capillary phenomena depend ($g.cm^{-1}$),
r, r' = radii of curvature of two normal sections of the meniscus at right angles to each other (cm).

According to this new conception, the capillary liquid column is supported by the pressure represented by $\frac{H}{2}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$, i. e.:

$$\pi r^2 h_c \gamma_w = \frac{H}{2}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right) \pi r^2 .$$

If the radii of curvature of the meniscus are taken as being equal to the radius of the tube, the preceding equation becomes

$$h_c = \frac{H}{\gamma_w r}$$

wherefrom it can be deducted, by comparing with eq. (2):

$$H = 2\, T_s \qquad (5)$$

At a later stage a new notion was introduced by Gauss[6] in the analysis of the capillary phenomena, namely that of *potential energy* resulting from the actions exerted by the molecules of the liquid upon each other and upon those of the solid body.

The methods due to Gauss were afterwards taken up by Van der Waals[5,6] and his school, who, also on the basis of the energy conception, introduced the assumption of a change in density to occur near the surface.

From his well-known equation

$$(p + a\,\rho^2)\,(v - b) = RT \qquad (6)$$

where the product $a\,\rho^2$ (a = constant, ρ = specific mass) represents Laplace's intrinsic pressure, van der Waals deducted for water K — values of the order of 10,000 atm[5].

According to the Dutch school, surface-tension may exist even when the interface is plane, i. e. when its curvature is zero.

This conclusion is confirmed by experiment, but it is not satisfied by Laplace's equation; this is the weak side of this equation. Surface tension is therefore to ascribe to the fact that the intrinsic pressure is higher in any direction parallel to the surface than it is in the direction of the normal to it[5].

In the surface which separates a liquid from its saturated vapour a density gradient develops which ranges from the rarefied liquid to the compressed gas.

At 374°C., the critical temperature for water, there is no density difference between water and its vapour; consequently, surface tension also vanishes at this temperature[5].

In terms of energy, surface tension also is defined as the *free-energy* per unit area of the interface [6].

Such a free-energy is precisely the amount of work required for forming 1 square centimetre of interface area.

3 — **Hydrostatics of capillary water.** — The term «capillary water» as used in this paper will refer to water which, lying within the thin stratum in contact with the solid medium, is acted on to a sensible extent by the forces which arise from the contact between the two phases.

Let us denote by *specific potential energy* of a body the energy, as defined by Gauss and Van der Waals, inherent to its molecular structure and resulting from the actions exerted by its molecules upon each other.

This amount of energy per unit volume, whose dimensions are consequently the same as those of a pressure, may well correspond to Laplace's notion of *intrinsic pressure*.

Every observation leads to the conclusion that the specific potential energy is greater in the liquid medium (U_w) than it is in the solid one (U_g) (fig. 2). The corresponding energy drop (ΔU) will not occur as a «jump» at the solid/liquid interface, but distribute gradually across the contact films, whose thickness (ε_c) is assumed to be the same for both the solid and the liquid phases (fig. 2).

These contact films are thus the seat of an energy gradient which gives rise to a weightlike body-force. Such a force will be here termed *capillary weight,* and its expression is

$$\gamma_{wc} = \frac{dU}{d\varepsilon} \qquad (8)$$

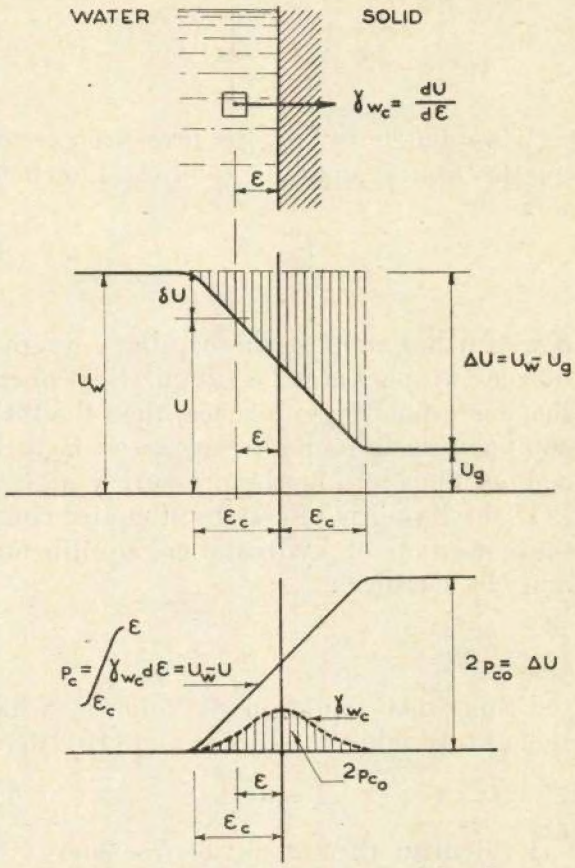


Fig. 2 — Variation of the specific potential energy of the liquid phase (U_w) and of the solid phase (U_g) at the interface; capillary weight (γ_{wc}) and capillar pressure (p_c) arising therefrom.

This weight, which is precisely the resultant-force of the attractions exerted upon the molecules by both phases, will obviously act in the direction of decreasing energy, i. e. towards the solid medium. In other words, the solid medium will behave, with respect to the liquid stratum in contact with it, in a like manner as the earth surface does with respect to gravitational water. However, whereas the gravitational weight may be taken to be constant throughout the depth in gravitational water, the capillary weight decreases very rapidly with increasing distance to the interface, say inversely as the 7 th or 8 th power of ε [6].

As the capillary weight increases with increasing depth within the contact film, its action gradually produces, like weight in gravitational water, the capillary pressure whose value will be the integral

$$p_c = \int_{\varepsilon_c}^{\varepsilon} \gamma_{wc} \, d\varepsilon \qquad (9)$$

If we denote by p_{co} the pressure exerted by the liquid medium upon the interface, then

$$p_{co} = \int_{\varepsilon_c}^{0} \gamma_{wc} \, d\varepsilon \, ; \qquad (10)$$

if we further suppose the capillary weights in the two phases to be symmetrical about the corresponding interface, then the total capillary weight per unit area of their contact films will be the pressure $2\, p_{co}$.

If the liquid is in a state of equilibrium, the condition of hydrostatical equilibrium must be satisfied:

$$\gamma_{wc} = - \frac{dp_c}{d\varepsilon} \qquad (11)$$

From this equation it follows, when account is taken of eq. (8) and (10), that:

$$2\, p_{co} = - \Delta U \qquad (12)$$

Evidently, the amount of free-energy at the interface will be determined by integrating the elementary energy drops across the contact film:

$$H = 2\, T_s = \int_{+\varepsilon_c}^{-\varepsilon_c} \partial U \, d\varepsilon \, , \qquad (13)$$

whose value will be equal to Laplace's constant H and twice as great as the *surface-tension* T_s.

The relationship between this amount of free-energy and the energy drop, ΔU, can be determined approximately by assuming the latter to have a linear nature; it will thus be numerically equal to the area of the triangle in fig. 2:

$$H = \frac{1}{2} \times \Delta U \times 2\, \varepsilon_c = \Delta U \, . \, \varepsilon_c \, ,$$

or, according to eq. (12) and (13),

$$T_s = - p_{co}\, \varepsilon_c \, . \qquad (14)$$

No numerical values have so far been determined for U_w and K [5,6]. However, the following order of magnitude is assigned to K:

$$K = 10{,}000 \text{ atmospheres} = 10^{10} \text{ dyne/cm}^2 \, .$$

Being equal to be capillary-pressure gradient (eq. 11), the capillary weight will be determined approximately by the equation:

$$\gamma_{wc} = \frac{p_{co}}{\varepsilon_c} \, , \qquad (15)$$

which, according to eq. (14), becomes

$$\gamma_{wc} = \frac{T_s}{\varepsilon_c^2} \, . \qquad (16)$$

Now consider the water between two solid faces whose distance apart be 2ε, $\varepsilon < \varepsilon_c$ (fig. 3).

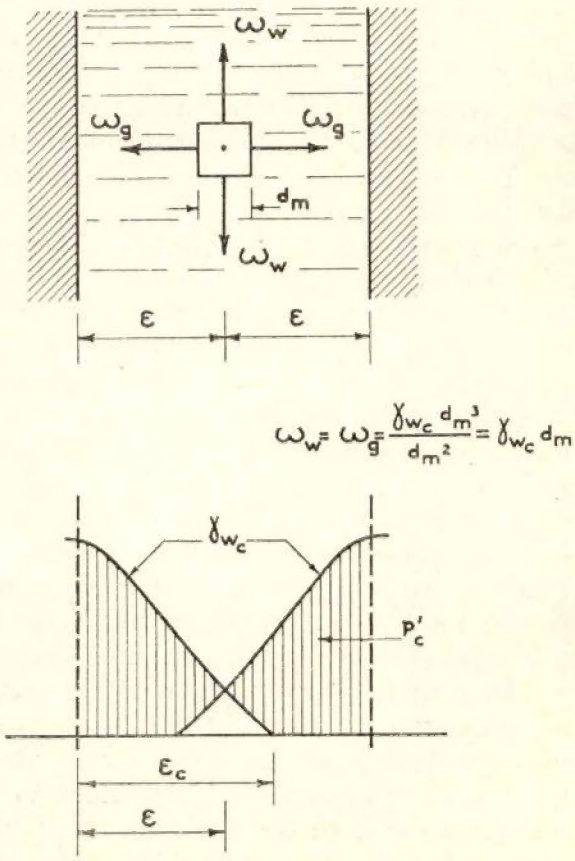


Fig. 3 – Capillary weight (γ_{wc}) and capillary pressure (p'_c) in the voids film of a saturated soil; suction (ω_w) and cohesion (ω_g) to which they give rise.

As was previously shown, the nergy U_w at a point within the liquid medium is the result of the actions that the molecules lying inside a sphere of radius ε_c exert upon each other. Since the thickness of the liquid stratum, 2ε, is less than the diameter of such a sphere ($2\varepsilon_c$) and $U_g < U_w$, it may be assumed that U_w is smaller inside the stratum than it would be outside it. At the limiting case when the two solid phases would directly contact each other the potential energy would be a minimum, say equal to that of the solid phase.

This energy drop at the liquid phase, or, according to the notion of intrinsic pressure, this pressure drop, which we shall denote by ω_w, induces a suction in the liquid phase, with the corresponding tendency for water to flow towards the contact film. Such a suction is merely the so-called *moisture suction,* or *suction,* which occurs in Soil Mechanics [9, 10, 11].

If water is allowed to reach the contact film, a direct consequence of this will obviously be a tendency for the two solid faces to increase their distance apart. If, on the contrary, the solid faces are forced to approach one another, it will be necessary to work against the suction (ω_w) if water is to be forced out of the contact film.

Let us now consider the solid phase. Its potential energy will obviously be smaller the closer the two faces. Their standing apart from each other is therefore associated with an energy gradient from which an attractive force arises tending to bring them into contact.

Such a force, which as reduced to stress will be denoted by ω_g, is obviously the *cohesion.* It can be defined as the difference, Δp_c, between the capillary pressures exerted by the liquid medium apon the solid outside the contact film (p_c) and inside it (p'_c); or in symbols

$$\omega_g = p_c - p'_c \qquad (17)$$

There are, therefore, two opposite tendencies: under the action of a *suction* (ω_w), water tends to spread throughout the soil volume, thereby urging the solid faces to move apart; on the other hand, there is a tendency for the solid phase to occupy the whole volume, owing to the action of a cohesion, ω_g, which tends to approach the solid phase by expelling the liquid one.

Equilibrium will therefore require that

$$\omega_w = \omega_g \ .$$

In terms of attractive forces, the phenomenon may be given the following explanation.

Owing to symmetry, the pulls exerted by the solid phase upon the liquid phase will be numerically equal for both faces at the middle part of the void-film; and their value will be that of the tension exerted between the two faces Let γ_{wc} be the capillary weight due to such an attraction (Fig. 3); a molecule of diameter dm, lying on the axial plane, whose mass is assumed to be uniformly distributed through a cube of side dm, will then be acted on by a force given by the product

$$\gamma_{wc}\ d_m^3 \qquad (18)$$

From this total force the following tensile unit stress is deducted:

$$\omega_g = \frac{\gamma_{wc}\ d_m^3}{d_m^2} = \gamma_{wc}\ d_m^3\ ; \qquad (19)$$

this is what has previously been denoted by cohesion.

As considered from the preceding standpoint, cohesion is an attraction exerted by the particles of the solid medium upon each other through the capillary water, which thereby sustains a definite amount of tension. For equilibrium to exist such a tension will have ho be of hydrostatic nature, thus equal to the suction, that is to say $\omega_g = \omega_w$, as was previously deducted in terms of energy.

As a matter of fact, there ar a number of experiments on soils showing that water behaves as if it were subjected to a tension of hydrostatic nature, that is to say a tension having the same value in all directions going through a given point. The ability of soils to withstand tension is an irrefutable proof of this.

Under certain conditions, states of equilibrium have been observed, even in non-capillary mediums, whose explanation may be regarded as satisfactory if water is assumed to be able to withstand hydrostatic tension.

By cooling water in a tube, Berthelot was able to make it sustain a hydrostatic tension, though in a state of unstable equilibrium [5].

A simple experiment can also be easily performed in which, by producting vacuum, the water contained in a flask is subjected to a hydrostatic tension of 30 $g.cm^{-2}$. A plot of the apparatus used is given in fig. 4.

tube (height of capillary rise) given by eq. (3), its meaning being similar to that of the height of complete saturation of a drained soil, h_{cc} [7] (fig. 5). Above such zone, however, the usual pattern of rise in a capillary tube looses its meaning.

The rise of water, h'_c, above the level of complete saturation (fig. 5) will correspond, in the above pattern, to the *height of the meniscus;* it is obviously due to the capillary pressure exerted by water in voids, which is determined by the equation,

$$h'_c = \frac{p'_c}{\gamma_w} \tag{21}$$

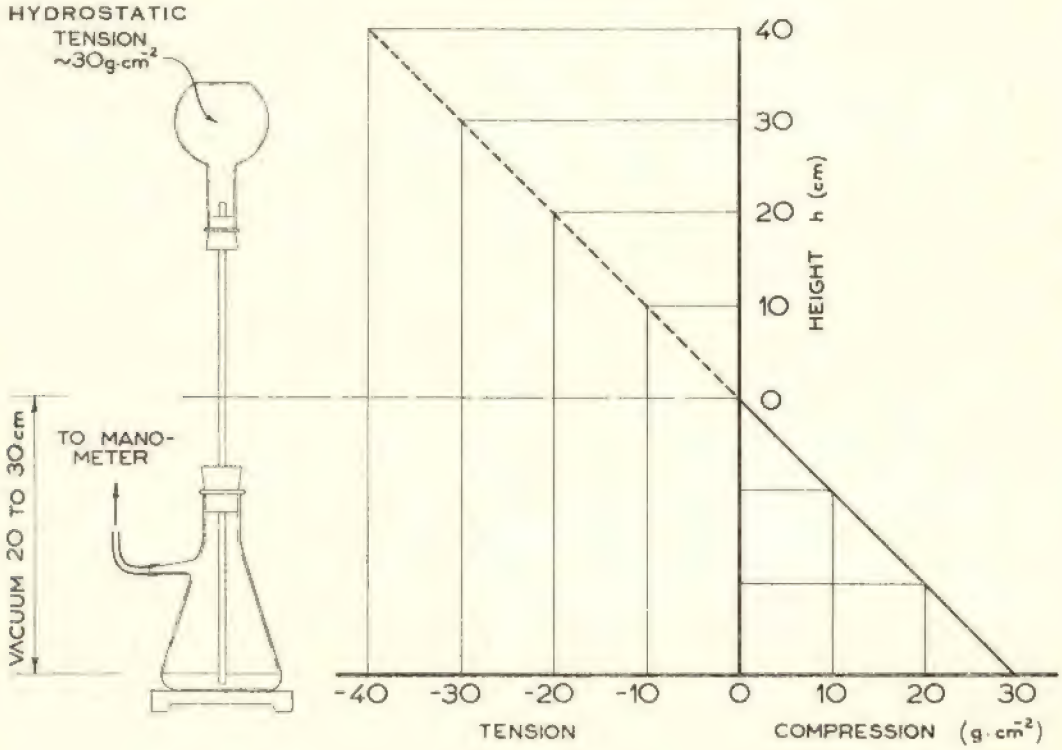


Fig. 4 – Experiment showing that water is able to sustain tension even in non-capillary media.
Though the pressure has been brought down to 20-30 cm of water, the water in the upper flask doe not leave it, thereby sustaining a tension of the order of 30 $g.cm^{-2}$.

Suction is usually measured by the height h_c as given by the following equation

$$h_c = \frac{\omega}{\gamma_w} \tag{20}$$

The height here denoted by h_c is identical with the rise of water in a capillary

As it is well known, the common logarithm of the height h_c as measured in centimetres is denoted by pF:

$$pF = \log h_c \text{ (cm)} \tag{22}$$

From eq. (3) we get

$$pF = \log\left(\frac{T_s}{\gamma_w}\right) + \log\left(\frac{1}{\varepsilon}\right), \tag{23}$$

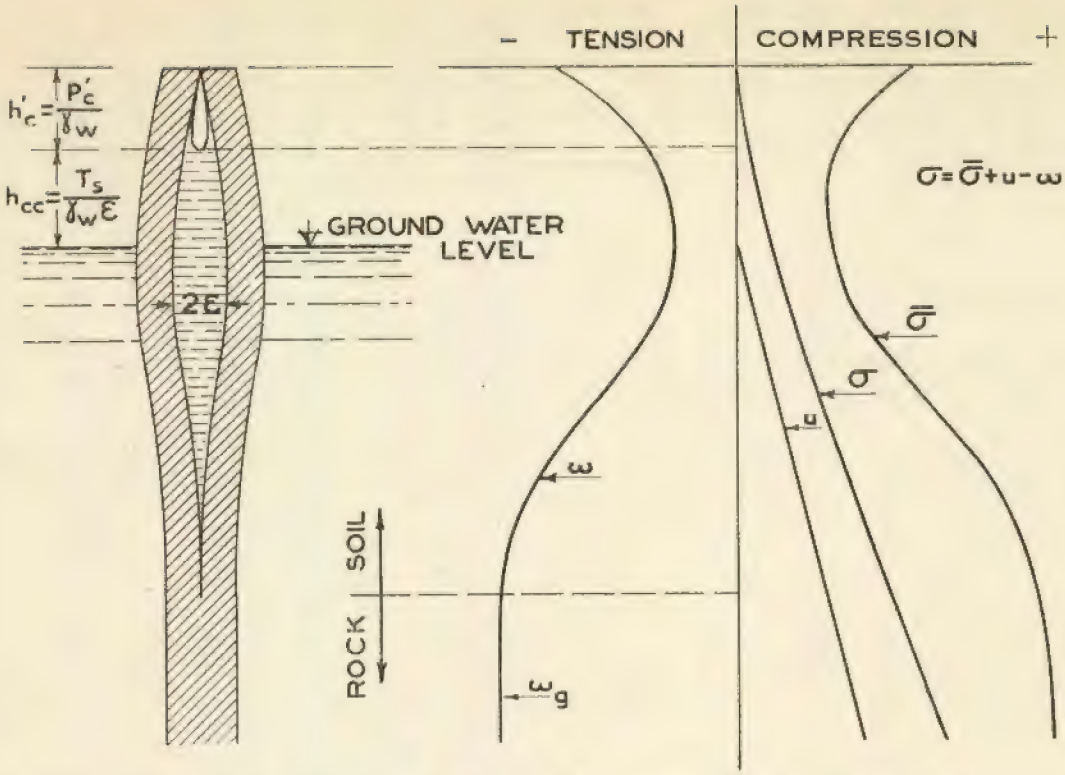


Fig. 5 — Comparison between the phenomenon of capillary rise between two glass plates and that of moisture suction in soils.

The total stress σ is given by

$$\sigma = \bar{\sigma} + u - \omega$$

Suction increases above as well as beneath the water-table, becoming identical with the rock cohesion as the bed-rock is reached.

which, for $T_s = 0{,}075$ g. cm^{-1}, becomes

$$pF = -1{,}12 + \log\left(\frac{1}{\varepsilon}\right). \qquad (24)$$

If the thickness of the capillary film is of the same order of magnitude as the diameter of the molecules, say 10^{-8} cm, pF is of the order of 7 (eq. 24), a maximum value which was actually arrived at by Richard, Russel and Schoffield[10], and by Croney, Coleman and Pamela Bridge[11] in their experiments.

The moisture content, w, can be expressed as a function of the porosity (n) and the degree of saturation (S) by the simple equation,

$$w = \frac{n\,S\,\gamma_w}{\gamma_d}\,; \qquad (25)$$

by introducing in eq. (25) the value of n as given by eq. (1) we get the following expression for the void thickness:

$$\varepsilon = \frac{w}{\lambda\,S\,\gamma_w}\,. \qquad (26)$$

By eliminating ε between eq. (26) and eq. (3) we get

$$h_c = T_s\,\lambda\,\frac{S}{w}\,, \qquad (27)$$

whence

$$pF = \log_{10} T_s\,\lambda + \log_{10}\frac{S}{w} \qquad (28)$$

This equation shows that pF increases with increasing specific surface, λ, and with increasing $\frac{S}{w}$; in other words, it is greater the greater the dryness and the saturation of the soil.

Let h_{c1} and h_{c2} be the values of the suction at two points in the soil whose

distance apart is $\triangle s$; under these conditions water will percolate from the point where h_c is smaller towards the point where h_c is greater. This difference in suction gives rise to the hydraulic gradient,

$$i_c = \frac{h_{c2} - h_{c1}}{\triangle s} . \qquad (29)$$

4 — Cohesion.

a) *Satured soils.* — The total stress (σ) in a soil is given by the equation

$$\sigma = \bar{\sigma} + u , \qquad (30)$$

where $\bar{\sigma}$ is the effective stress and u the neutral stress.

The soil will be subjected to compression if $\sigma > 0$, and to tension if $\sigma < 0$ (fig. 6).

Consider a saturated clay soil in which the neutral gravitational stress may be taken to be zero ($u = 0$), fig. 6a; eq. (31) becomes then:

$$\sigma = \bar{\sigma} - \omega . \qquad (32)$$

If, however, we have to deal with a highly porous clay soil, the value of ε will be a large one, there will be no contact within the solid phase, and the effective stress will thus be zero (fig. 6a).

According to eq. (32) the soil is able to sustain in this case a total compressive stress

$$\sigma = - \omega . \qquad (33)$$

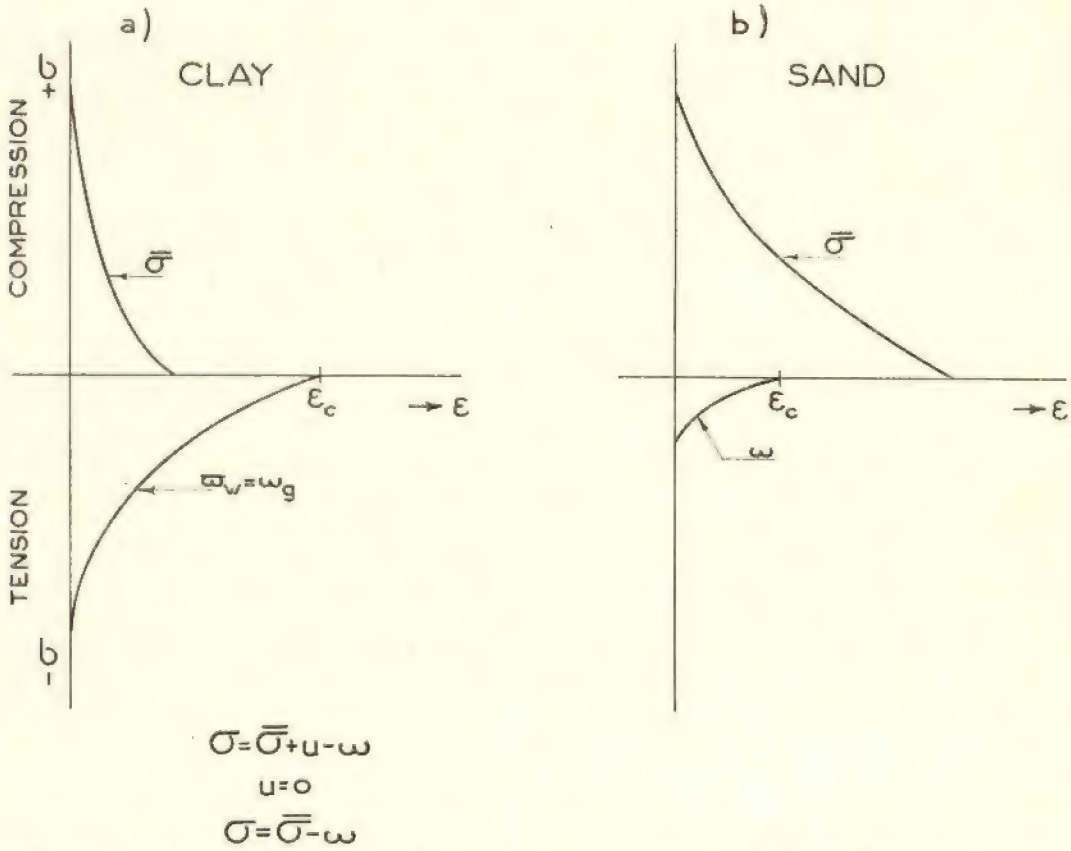
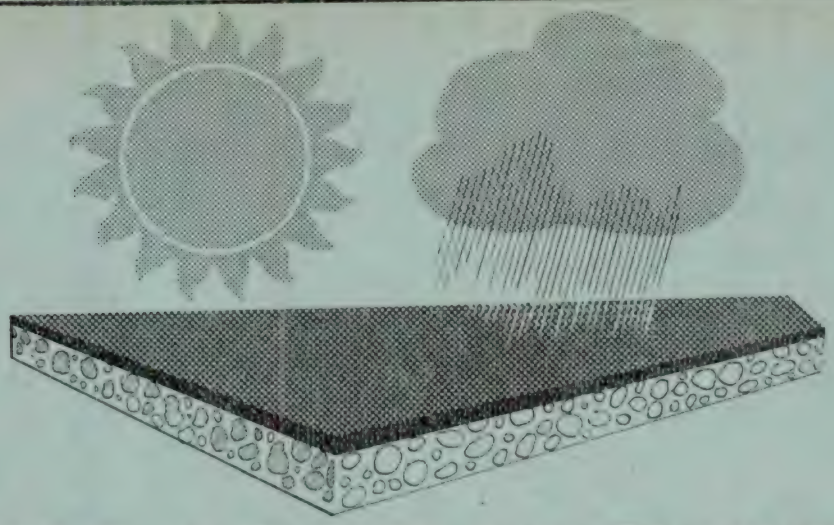


Fig. 6 — Comparison between effective stress ($\bar{\sigma}$) and suction (ω) for clay and sand of changing porosity (ε).

But the suction (ω) is also a neutral stress, since it exists in the liquid phase; it must therefore be subtracted from the neutral stress as usually considered, whereby eq. (30) becomes:

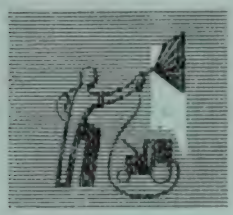
$$\sigma = \bar{\sigma} + u - \omega \qquad (31)$$

In other words, in a consolidation process the total stress to which it is due can be balanced without the soil grains coming in contact with each other, i. e., even when the effective stress is zero; the total stress can be balanced by suction alone. This is the basis of one of the methods of measuring



FLINTKOTE

EMULSÕES BETUMINOSAS



As emulsões betuminosas FLINTKOTE protegem eficazmente as estruturas metálicas e de betão armado, os materiais para isolamentos térmicos e tudo onde a humidade e a corrosão constituam um problema.

Para o seu caso de isolamento à prova de água ou de humidade, utilize FLINTKOTE, que pode ser aplicado à pistola, à brocha e à colher. Peça informações e detalhes completos deste produto, à secção de asfaltos da SHELL, que dispõe de pessoal habilitado para prestar gratuitamente toda a assistência técnica necessária.

SHELL COMPANY OF PORTUGAL, LIMITED

SHELL

GABINETE DE ESTUDOS HIDRÁULICOS

ORGANIZADO EM 1945

Telefones 4 5451 e 5 3873 — Rua Rodrigo da Fonseca, 62-4.º D.to — LISBOA

ABASTECIMENTOS de ÁGUA

Direcção do
Eng.º Ferreira Chaves

Alguns trabalhos realizados:

Abastecimento de Água de Setúbal.

Ampliação do Abastecimento de Água do Funchal (Plano Geral).

CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS
SONDAGENS

Direcção do
Eng.º Augusto Cavaco

Alguns trabalhos realizados:

Estação de Valada (Comp.ª das Águas de Lisboa)

Captações do Canário (S. Miguel — Açores).

TRABALHOS MARÍTIMOS
FUNDAÇÕES

Direcção do
Eng.º Vasco Costa

Alguns trabalhos realizados:

Estudo de obras acostáveis (Figueira da Foz e S. Tomé).

Fundação flutuante sobre lôdos (Sacavém).

APROVEITAMENTOS
HIDRO-AGRÍCOLAS
E
HIDRO-ELÉCTRICOS

—

"APAGEL"

Direcção do
Eng.º Barrancos Vieira

Alguns trabalhos realizados:

Rega (projectos e execução):

Aprov. Hidro-Agrícola de Vale de Moura (Rega de 250 ha).

Aprov. Hidro-Agrícola de Mercês (Rega de 40 ha).

Energia (projectos):

Aprov. Hidro-Eléctrico do Biópio (Angola).

Obras de Derivação e Central Subterrânea de Salamonde (Cavado).

suction, indicated by Croney, Coleman and Pamela Bridge [11].

If the total stress becomes zero, moisture is urged by suction towards the interior of the soil, whereby the latter swells if moisture is allowed to enter it, i. e., if the neutral stress is also zero. In this case a negative consolidation, or bulking, occurs, which is assumed to be responsible for the large amount of settlement recovery exhibited by soils upon removal of applied loads. If, on the contrary, water is not allowed to penetrate, the soil behaves as if it were subjected to a negative neutral stress balancing the suction,

$$u = \omega \,. \tag{34}$$

This is the case of capillary rise in soils above the free-water level.

Now consider the more usual case when the effective stress is not zero and the soil is not subjected to any external stress at all, e. i. when the total stress is zero. Eq. (32) becomes

$$\bar{\sigma} - \omega = 0,$$

or

$$\bar{\sigma} = \omega \,. \tag{35}$$

This means that the effective stress is only due to the suction which compresses the solid phase.

The tensile strength of the soil, σ_t, must therefore, as is obvious, be the same as the effective stress, and, on account of eq. (35), be equal to the suction:

$$\sigma_t = \omega \,. \tag{36}$$

The tensile strength (σ_t), can be roughly expressed in terms of Coulomb's cohesion (c) and angle of internal friction (φ) by the equation:

$$\sigma_t = \frac{c}{\tan \varphi} \,. \tag{37}$$

It is obvious that, if water is allowed to enter the soil freely, ω becomes zero and so does σ_t; that is to say, the soil desintegrates owing to lack of cohesion. This is what happens when a soil clod is immersed in water, and this is precisely what distinguishes soils from rocks (7). Cohesion in soils is therefore due to suction alone, whereas cohesion in roks is due to molecular bonds of chemical nature.

However, a rock may be regarded as being the limiting case of a soil so compact as to have a porosity equal to zero. Therefore, suction becomes meaningless for such a soil, in which coesion is only due to the direct actions within the solid phase itself, no liquid phase existing at all.

b) *Unsaturated soils.* — Let us consider at first the role played by the gaseous phase in soils.

Every observation appears to lead to assumption that the specific potential energy of the three phases compares as follows:

$$U_w > U_a > U_g \,, \tag{38}$$

wherefrom the following directions are deducted for the capillary pressure:

$$w \rightarrow g \,; \quad a \rightarrow g \,; \quad w \rightarrow a \,. \tag{39}$$

The corresponding magnitudes of the capillary pressure will then compare as follows:

$$p_{wg} > p_{wa} > p_{ag} \,. \tag{40}$$

That is to say, the air behaves with respect to water in a similar manner as the solid phase does; the difference is in the fact that suction will be smaller both for water with respect to air and for air with respect to the solid phase.

Consider a powder in a completely dry state. There is no suction of water in it, but that of the air, ω_a, exists indeed, so that we can substitute ω_a and u_a for ω and $\bar{u}$ in eq. (31), which becomes

$$\sigma = \bar{\sigma} + u_a - \omega_a \tag{41}$$

All the considerations made for the case of the soil being saturated with water remain valid here; it should only be observed that the stresses which come into play are lower.

If both phases are present in the soil, it is the liquid phase alone that comes in contact with the solid particles, (eq. 40) whe-

reas the gaseous phase only occupies the voids left by the liquid one.

Two clearly cut hypotheses are to be considered here: (i), if there is continuity for the liquid phase, which will then surround every solid particle and every air bubble, the neutral stress in the gaseous phase is equal to that of the liquid phase, which may assume high values; (ii), if there is continuity for the gaseous phase, which will then surround the solid particles and the water menisci, the neutral stress is zero, since it is equal to the atmospherie pressure.

Obviously, it is always

$$u_a = u_w = u \ ;$$

hence, the total stress is given by the equation

$$\sigma = \bar{\sigma} + u - \omega_a - \omega_w \ . \qquad (42)$$

For $u = 0$, the tensile strength, for which $\bar{\sigma} = 0$, is

$$\sigma_t = \omega_a + \omega_w . \qquad (43)$$

If the gaseous phase is entirely surrounded by the liquid phase, then

$$\omega_a = 0 \ ,$$

whereby eq. (42) becomes that of a saturated soil (eq. 31) in wich the air particles behave as grains that change the grading of the soil, rendering it finer and thus increasing the suction of water, ω_w.

The tensile strength of the soil, as well as its cohesion, is therefore increased.

If the liquid phase does not surround the gaseous phase completely, the resultant suction is the sum of the two suctions (eq. 42) but the grading of the solid phase alone is now of importance. In other words, the cohesion of soil is increased by the air suction, ω_a, on the one hand, but, on the other hand, it is diminished since the water suction, ω_w, will be lesser, for the air bubbles no longer act as solid particles.

However, it is assumed and confirmed by experience that there is some continuity in the change of cohesion with the successive moisture contents of the soil.

5 — Conclusions.

a). — Soils consist of the three phases, each one exhibiting properties different from those that it would exhibit if each phase were separated from the other two.

The main difference arises from the existence of gradients of specific potential energy at the interfaces which separate the phases from each other. Such gradients give rise, on the one hand, to *suctions* of the water and of the air, whose tendency is to increase the porosity of the soil, and, on the other hand, to the *cohesion,* whose tendency is to diminish it, its attraction being exerted through the fluid phase. When considered as a whole, the system behaves as if water were subjected to the tensions (at right angles to each other) exerted by both suction and cohesion. Therefore, equilibrim requires that such a state of tension be hydrostatic, i. e. that cohesion be equal to suction.

b). — The suction of a soil, i. e., the pressure difference required for removing its held water, varies as the specific surface and the degree of saturation of the soil, and inversely as its moisture content (eq. 27).

c). — The total stress (σ) at a given point in a soil is given by the sum of the effective stress ($\bar{\sigma}$) and the neutral stress (u), the latter having to be diminished by the suction (ω) (eq. 31, fig. 5, 6).

d). — If the load applied to a given soil is removed, i e., if the total stress becomes zero, and if, furthemore, water is able to occupy the voids, then the soil swells, whereby a negative consolidation can be said to occur. If, on the contrary, water is unable to occupy the soil voids, this is due to the existence of a negative neutral stress equal to the suction (eq. 34); such is the case of the capillary rise above the water table (fig. 5).

e). — The air in soils behaves with respect to water in a similar manner as the solid phase does, and, with respect to the solid phase, in a like manner as water.

The tensile strength of a given soil is equal to its total suction (due do water and due to air) (eq. 36 and 43).

f). — A difference in suction between any two points in a soil gives rise to a capillary percolation and to the corresponding hydraulic gradient (eq. 29) from which a water migration arises towards the point of greater suction.

Consider a drain filled with low-suction gravel, located in a soil above the water table; for the above reason it will not collect the rain water if the soil is homogeneous, isotrope and of a greater suction than that of the gravel.

This assertion is confirmed by an experiment performed at the Laboratósio Nacional de Engenharia Civil and illustrated by fig. 7.

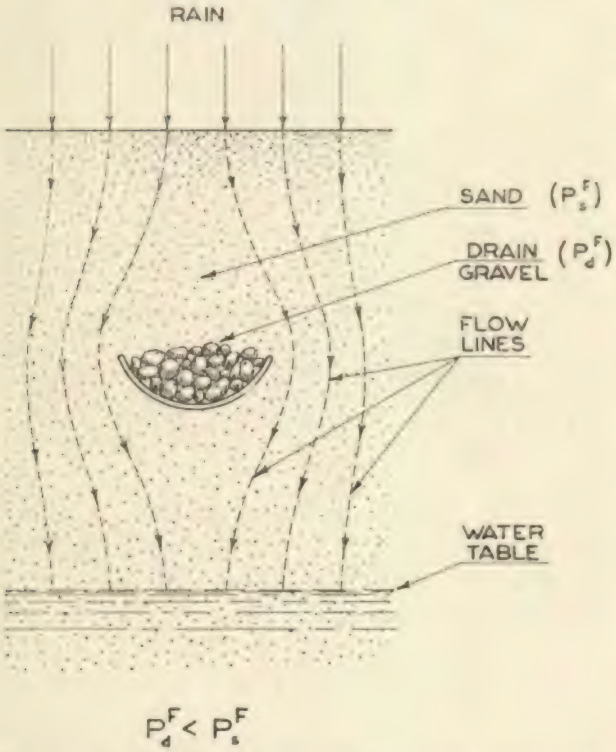


Fig. 7 — The rain water absorbed by a homogeneous soil is not collected by a drain located above the water-table, since the suction of the drain (P_d^F) is less than that of the soil (P_S^F).

g). — Suction varies in depth with changing porosity in a similar manner as indicated by fig. 5. The variation of the total neutral stress ($p = u - \omega$) with depth will therefore be governed by the following equation:

$$\frac{dp}{dz} = \frac{du}{dz} - \frac{d\omega}{dz} \; ;$$

however, since for a liquid in a state of rest the relationship

$$\frac{du}{dz} = \gamma_w \, , \tag{44}$$

holds, it follows that

$$\frac{dp}{dz} = \gamma_w - \frac{d\omega}{dz} \, . \tag{45}$$

As Archimedes's law only holds for liquids that satisfy equation,

$$\frac{dp}{dz} = \gamma_w \tag{46}$$

it follows that it will hold for soils only if

$$\frac{d\omega}{dz} = 0 \, , \tag{47}$$

i. e., if suction is constant throughout the depth, an assumption which is farther from reality the greater the fineness of the soil.

h). — The equation

$$\sigma = (\gamma' + \gamma_w) \, z, \tag{48}$$

which expresses that the stress (σ) at an horizontal element of area located at depth z in a soil not subjected to any externally applied load is the sum of two stresses, namely the effective stress corresponding to the submerged unit weight (γ'),

$$\bar{\sigma} = \gamma' z \, , \tag{49}$$

and the neutral stress corresponding to the hydraulic head,

$$u = \gamma_w z \, , \tag{50}$$

only takes account of the stresses due to the gravitational weight of both the solid and the liquid phases, being based on Archimedes's law, which, as was shown in g), does not generally hold. It does not take account of the internal forces resulting from the interactions exerted by the two phases upon each other, which forces give rise to both cohesion and moisture suction.

i). — Whenever there is a tendency for the porosity of a given soil to vanish, i. e., whenever ε tends to zero, the soil tends to a rock, i. e., to a solid body in which there is only cohesion (fig. 5).

Lisboa, Janeiro de 1953.

REFERENCES

1. Bruhat, G., «*Thermodynamique*», Paris, Masson & Cie., 4th Edition, 1947.
2. Bruhat, G., «*Mécanique*», Paris, Masson & Cie., 3th Edition, 1944.
3. Scimeni, E., «*Compendio d'Idraulica*», Padova, Libreria Universitaria di G. Randi, 1949.
4. «*International Critical Tables*», New York and London, Mc Graw Hill, 1928, Vol. IV.
5. Freundlich, «*Colloidal and Capillary Chemistry*», London, Methuen & Co., 1926.
6. *Encyclopaedia Britannica,* Vol. 21, 1947 Edition, pg. 593.
7. Terzaghi and Peck, «*Soil Mechanics in Engineering Practice*», New York, John Wiley and Sons, 1944.
8. Hogentogler, C. A., «*Engineering Properties of Soil*», New York, McGraw--Hill, 1937.
9. «Soil Mechanics for Road Engineers», Road Research Laboratory, D. S. I. R., London, Her Majesty's Stationery Office, 1952.
10. Baver, L. D., «*Soil Physics*», New York, John Wiley & Sons, 1946.
11. Croney, Coleman and Pamela Bridge, «*The Suction of Moisture Held in Soil and Other Porous Materials*», Road Research Laboratory, D. S. I. R., London, 1952.

SUMMARY

It is the purpose of the present paper to advance a more satisfactory explanation of the phenomena of soil cohesion and restitution of deformations due to consolidation. The problem of the water pore-pressure is also approached.

Accordingly, a revision is undertaken of the notion of surface tension. It is shown that in Physics, surface tension has been regarded, for about a hundred years ago, as acting not in the direction of the tangent to the interface — as is usually assumed in Soil Mechanics — but in the direction of the normal.

On the basis of this new conception the phenomenon of moisture suction is analysed by relating it to the thickness of the contact film among solid, liquid and air, and to the porosity of soils.

The hydrostatics of held water is developed by considering the actions exerted simultaneously by the gravitational weight, and by the *capillary weight* due to moisture suction.

The well-known equation

$$\sigma = \bar{\sigma} + u, \qquad (a)$$

meaning that the total stress is equal to effective stress plus neutral stress, is generalized by decreasing the latter by the suction, ω:

$$\sigma = \bar{\sigma} + u - \omega. \qquad (b)$$

The phenomena of soil cohesion and restitution of deformations due to consolidation are analysed on the basis of eq. (b). It is concluded that cohesion is identical with moisture suction and that the restitution of deformations due to consolidation also is caused by suction.

It is further shown that a gravel drain, located above the water table in a homogeneous soil, is unable to collect the rain water.

Finally, it is concluded that the submerged soil is not generally subjected to Archimedes buoyancy, since suction, ω, changes with depth.

SOMMAIRE

La présente communication a pour object d'expliquer, d'une façon plus satisfaisante, le phénomène de la cohésion et celui de la réversibilité des déformations dues à la consolidation des sols. Le problème de la pression de l'eau dans les pores est aussi abordé.

Dans ce but, on soumet à une révision la notion de tension superficielle, tout en montrant que celle-ci est regardée dans la Physique, il y a environ un siècle, comme une suivant la normale à l'interface qui sépare les phases, et non plus comme la force, force agissant agissant suivant la tangente à

cette interface, que l'on considère encore das la Mécanique des Sols.

Tout en prenant comme base cette nouvelle notion de tension superficielle, on fait l'analyse du phénomène de la suction capillaire en établissement son rapport avec l'épaisseur de la pellicule de contact des phases solide, liquide et gazeuse, et avec la porosité des sols.

L'hydrostatique des eaux capillaires est établie en considérant l'action simultanée du poids gravitique et celle du *poids capillaire*, dû à la suction capillaire.

On généralise l'équation

$$\sigma = \bar{\sigma} + u, \qquad (a)$$

d'après laquelle la contrainte totale est la somme de la contrainte effective et de la contrainte neutre, en retranchant de cette dernière grandeur la valeur de la suction capillaire, ω:

$$\sigma = \bar{\sigma} + u - \omega \qquad (b)$$

Cette équation est employée comme point de départ pour une analyse du phénomène de la cohésion et de la réversibilité des déformations dues à la consolidation. De cette analyse on conclut que la cohésion est égale à la suction capillaire est que la réversibilité des déformations dues à la consolidation est, elle aussi, due à cette suction.

On montre encore qu'un drain, placé dans un terrain homogène et au-dessus de la nappe phréatique, ne réussit pas du tout à recueuillir les eaux pluviales.

On conclut enfin que, d'une façon générale, un terrain plongé dans l'eau ne subit pas la poussée hydrostatique d'Archimède, car la suction capillaire n'est pas, en règle générale, constante en profondeur.

C. D. 532.543

NOTA AO ARTIGO "APLICAÇÃO DO GRÁFICO DE LEACH"

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) FERNANDO MANZANARES ABECASIS
Chefe da Divisão de Hidráulica do Laboratorio Nacional de Engenharia Civil

Foi já depois de ridigida esta «Nota» que tivemos conhecimento do falecimento do Eng.º Baptista Júnior. Este facto deixou-nos perplexo sobre a publicação da «Nota», por ser desagradável fazer uma crítica que não pode ter réplica. Contudo, como não era nossa intenção provocar uma polémica e muito menos magoar o autor do artigo «Aplicação do Gráfico de Leach» e nos repugnava deixar por rectificar uma afirmação inexacta sobre um assunto de hidráulica pura, em que a verdade é completamente objectiva e não têm cabimento opiniões pessoais, decidimos manter a sua publicação.

No artigo «Aplicação do Gráfico de Leach», publicado pelo Eng.º Baptista Júnior no número de Março da «Técnica» o seu autor, para justificar a vantagem do gráfico mencionado, faz uma afirmação que, por menos correcta, pode induzir em erro quem ler o artigo e nos parece merecer rectificação. Assim, afirma a respeito dos métodos a utilizar para a determinação da altura máxima que uma barragem pode ter para que o regolfo por ela provocado, correspondente a um dado caudal Q, não ultrapasse uma determinada cota num dado perfil:

«Na determinação da curva de regolfo do tipo que nos ocupa, o traçado começa, como se sabe, por jusante, a partir do nível inicial — cota de água sobre a barragem — e que é conhecido. O método aplicado troço a troço dá, para cada perfil considerado, a cota a que se elevará a água respeitante ao escoamento dum determinado caudal Q.

Compreende-se que procedendo como se indica pode resultar ter que se fazer grande número de tentativas até se acertar com a cota inicial procurada. Dado que a aplicação do método geral das tentativas é muito laboriosa, a solução do problema podia conduzir a perda de tempo apreciável».

Ora se é certo que neste tipo de regolfo a altura de água que o «comanda» é a altura de jusante e é por essa altura que normalmente se inicia o cálculo do regolfo por qualquer dos muitos métodos conhecidos, também é verdade que se for conhecida «a priori» qualquer altura que não seja a da extremidade de jusante é lícito fazer o cálculo do regolfo a partir dessa mesma altura de água. A razão porque, ordinàriamente, a altura utilizada para ponto de partida é a altura de jusante, é que é essa que é conhecida, condicionada por factores exteriores ao regolfo pròpriamente dito: lei de vazão duma comporta ou dum descarregador, características duma singularidade, etc.

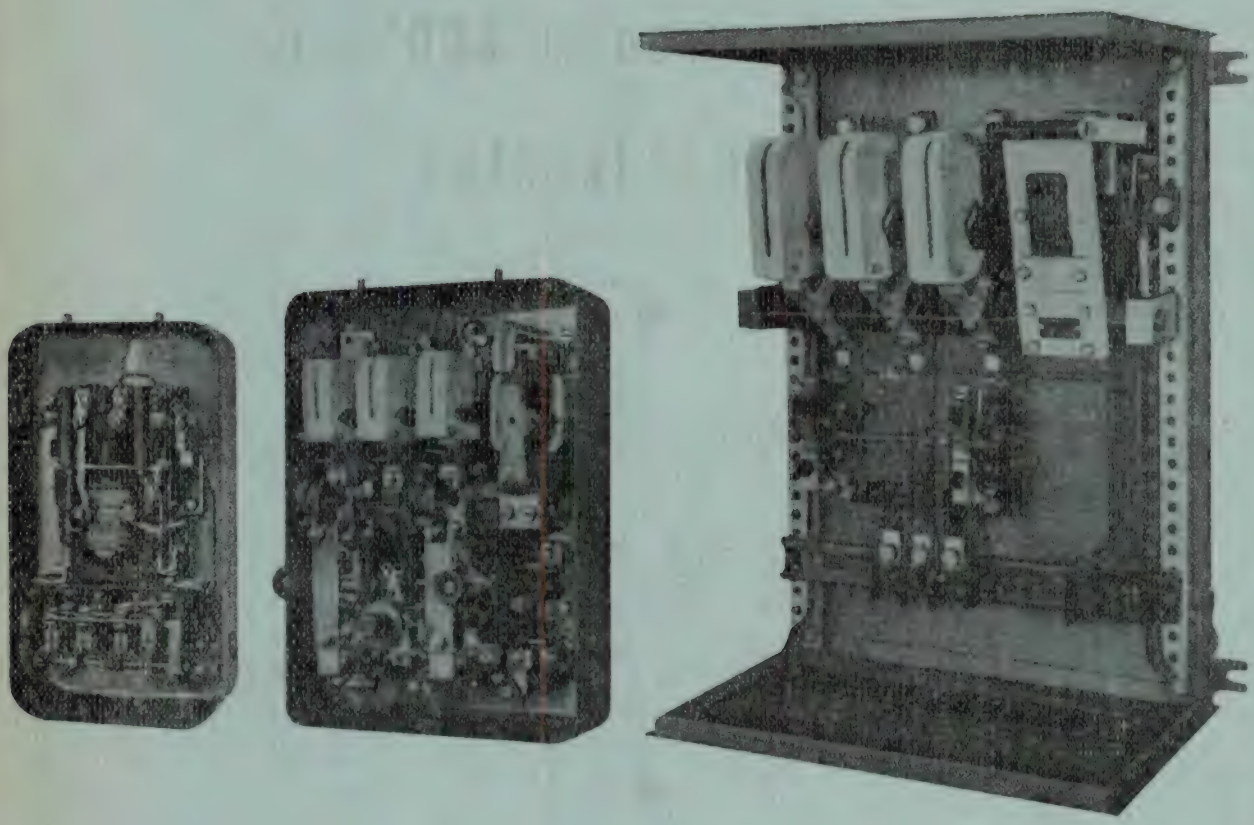
A equação diferencial do movimento permanente gradualmente variado, base de todos os métodos de cálculo de regolfo utilizados, é válida em todo e qualquer dos pontos do regolfo o que tem como consequência que qualquer curva de regolfo pode ser inteiramente estudada a partir de qualquer dos seus pontos.

Por outro lado, o traçado do gráfico de Leach exige o estudo de, pelo menos, três regolfos completos, por qualquer dos métodos correntes, para o mesmo caudal, mas para alturas a jusante diferentes. Assim, quando se pretender determinar a altura máxima duma barragem, o método mais conveniente, sem necessidade de recorrer a tentativas, será estudar o regolfo a partir da altura de água que não pode ser excedida no perfil considerado e calculando-o para jusante ate o perfil da barragem obter a altura de água nessa secção e, consequentemente, a altura máxima que a obra poderá ter.

O gráfico de Leach apresentará certamente comodidade no caso, por exemplo, duma comporta móvel em que se pretende determinar as várias curvas de regolfo correspondentes a várias posições da comporta, ou quando sendo possíveis barragens com várias alturas se quer conhecer as consequências que terá o regolfo provocado por cada uma delas.

ALSTHOM

38, AVENUE KLÉBER - PARIS-16e - TÉL. : PASSY 00-90



COFFRETS

DE

PROTECÇÃO DE MOTORES

Disjuntores — Contactores-Disjuntores — Arrancadores Estrela-Triangulo — Comandos especiais

◆

Delegados: Agência Geral de Material Eléctrico, L

Rua dos Industriais — 4-1.º — **LISBOA** — Telef. 60692 — 66082

EXPLOSIVOS

FABRICO CONTÍNUO DE 300 Kg/h DE

NITROGLICERINA

ACESSÓRIOS PARA

TODOS OS PROCESSOS

DE DETONAÇÃO

ÁCIDO AZÓTICO

Sociedade Portuguesa de Explosivos, L.da

RUA DOS FANQUEIROS, 44-1.º

LISBOA

C. D. 621.331 (469)

TRACÇÃO ELÉCTRICA EM CORRENTE ALTERNA

PELO ENGENHEIRO CIVIL (I. S. T.) JOSÉ PEDRO YGLESIAS DE OLIVEIRA
Assistente de Caminhos de Ferro (I. S. T.)

No momento em que se procede a estudos sobre a electrificação de um importante troço da nossa rede ferroviária, julgamos útil publicar as notas a seguir que constituem uma actualização do respectivo capítulo, da matéria versada na Cadeira de Caminhos de Ferro.

Condições que presidem à escolha dos diferentes tipos de corrente eléctrica na tracção

A escolha do tipo de corrente mais eficaz na tracção, foi vivamente discutida há uns 80 anos, tendo-se então adoptado a corrente contínua, devido às características óptimas do motor série para tal fim. A primeira experiência realizou-se na Exposição de Berlim em 1879, onde a Siemens & Haloke apresentou a primeira locomotiva eléctrica traccionando 3 carruagens atreladas.

Em 1905 realizaram-se as primeiras experiências com corrente alterna. Parecia à primeira vista, que dispondo de sistemas trifásicos industriais, a forma mais económica seria empregar motores trifásicos para a tracção. Um sistema destes foi instalado na Itália, mas como são necessários dois condutores aéreos, verificou-se ser muito elevado o custo do primeiro estabelecimento. Além disso o motor trifásico é uma máquina de velocidade pràticamente constante, o que obriga ao emprego de dispositivos caros de regulação de velocidade, tais como variação do número de polos e introdução de resistências líquidas no circuito do motor, para o arranque e velocidade intermédias.

Devido ao desenvolvimento da indústria electrotécnica, foi possível então encarar a construção de motores monofásicos de baixa frequência. Na Europa foram electrificadas linhas em corrente alterna monofásica de 16 2/3 Hz (Suíça) frequência esta escolhida pela facilidade de conversão da frequência de 50 Hz, já estabelecida na prática.

Só mais tarde foi possível a construção de motores monofásicos de colector para frequências de 50 Hz.

A solução mais aliciante é sem dúvida a da corrente monofásica, apenas com um só condutor aéreo, para alimentação de motores série. Mas a construção destes motores é complicada e cara, tanto mais quanto maior for a frequência da corrente monofásica a empregar.

No entanto podem empregar-se tensões da ordem dos 20 kV. a 25 kV., o que torna mais económica a linha, mas obriga o emprego de transformadores abaixadores montados na locomotiva, para a alimentação dos motores de tracção. Os problemas da variação de velocidade e de arranque, são neste caso mais fáceis de resolver, do que em corrente contínua: — os motores são alimentados pelo secundário de um transformador, que comporta um número de tomadas suficiente, para permitir uma variação bastante progressiva do esforço de tracção.

Comparados os sistemas de 50 Hz com os de 16 2/3, verificamos que o primeiro conduz a transformadores mais leves, mas no que respeita aos motores de tracção, serão mais pesados, pois que a tensão de funcionamento é menor e maior a corrente, devido a que diminui a potência por polo. No entanto o cos γ num motor de 50 Hz é muito menor do que num motor de 16 2/3 Hz.

O motor série de colector é susceptível de ser utilizado em corrente alterna, pois que a inversão da corrente se faz simultâneamente no induzido e no indutor.

No entanto, o motor monofásico de colector, apresenta dificuldades de construção e de funcionamento, maiores do que as do motor de corrente contínua. Assim, a «Self» dos enrolamentos traz uma diminuição de potencial; se é possível neutralizar a do induzido, compensando o motor, não é possível eliminar a do indutor, sem diminuir o binário, podendo-se no entanto atenuá-la aumentando o número de polos.

A maior dificuldade provém da comutação. Em corrente contínua, a inversão de corrente na espira de comutação, induz nesta espira uma força electromotriz proporcional à velocidade e ao fluxo motor, o que se pode corrigir empregando polos auxiliares de comutação, que vão ser sede de uma força electromotriz igual e oposta.

Em corrente alterna o fenómeno é semelhante, conservando o seu carácter alternativo, mas sobrepõe-se-lhe outro, devido ao fluxo indutor, que induz na espira em comutação uma força electromotriz de transformação, a qual é proporcional à frequência e ao fluxo indutor, e portanto à corrente de tracção.

A tensão entre lâminas, que é a resultante destas duas forças electromotrizes em quadratura, está desfasada em relação a corrente de um ângulo variável com a velocidade, visto que a força electromotriz dinâmica, e só ela, é função da velocidade.

Esta desfasagem pode no entanto ser eliminada, desde que se empregue, como na contínua, polos auxiliares, e que o fluxo destes polos, esteja desfasado da corrente, o que se consegue, por meio de uma resistência, cujo valor é função da velocidade, mas que obriga a um mecanismo complicado.

Portanto, o motor de colector apresenta diversos inconvenientes; a comutação é má no arranque, e é necessário na prática evitar velocidades inferiores a 15 % da velocidade máxima normal.

Outros métodos existem para o emprego de tensão alterna elevada, como sejam: grupos rotativos para conversão da alta tensão monofásica, em trifásica de qualquer tensão, e grupos rotativos ou estáticos para a conversão de monofásica em contínua.

A tracção monotrifásica combina as vantagens da tracção monofásica e da trifásica, podendo utilizar na tracção motores assincronos [1].

Existem diferentes sistemas, para efectuar esta transformação, sendo as principais

Sistema de Kando

Sistema de Krupp

Sistema de Westinghouse

Todos estes sistemas são baseados no mesmo princípio: «Uma corrente monofásica cria um campo alterno, que pode ser decomposto em 2 campos iguais, rodando em sentido inverso à mesma velocidade.

Elimina-se um destes campos e faz-se rodar o rótor, que sobrepõe sobre o outro campo, induzindo no «stator» uma corrente trifásica.»

A primeira linha que utilizou a monotrifásica, foi na Hungria, segundo o sistema de Kando.

A tracção monofásica-contínua, permite combinar as vantagens da tracção monofásica, com as da tracção por corrente contínua [2].

O princípio geral, deste tipo de tracção, consiste em transformar a corrente monofásica fornecida pela catenaria, em corrente contínua. Esta transformação é feita sobre a própria locomotiva, ou por meio de um grupo motor gerador, ou por meio de rectificadores, polianódicos ou monoanódicos, sendo esta presentemente a melhor solução.

Daremos em seguida os resultados da comparação dos diferentes sistemas de tracção, sob o ponto de vista económico, feito pela Societé Anonyme Brown, Boveri & Cie (Suíça).

---

(1) Lições de Caminhos de Ferro — Prof. Eng.º Leite Pinto.

(2) Lições de Caminhos de Ferro — Prof. Eng.º Leite Pinto.

Tomemos como base uma linha de via dupla de 750 km de comprimento e cujo perfil longitudinal contém rampas com inclinações até 22 ‰.

A comparação é feita em relação aos seguintes sistemas de tracção:

Corrente monofásica de 16 2/3 Hz, 15 kV.

Corrente monofásica de 50 Hz, 20 kV, com locomotivas equipadas com motores de colector de 50 Hz.

Corrente monofásica de 50 Hz, 20 kV, com locomotivas equipadas com rectificadores.

Corrente contínua de 3 kV.

Consideremos as hipóteses A, B e C que correspondem a três densidades de tráfego diferentes.

QUADRO I

Tipo de combóio	Número de combóios por dia, em cada sentido — Densidade de Tráfego A	B	C	Velocidade máx. Km/h	Peso do combóio Ton.
Rápidos ligeiros	—	3	6	160	300
Rápidos ordinários	1	4	10	130	510
Semi-Rápidos	1	2	4	130	480
Ómnibus	3	6	10	90	400
Mercadorias rápidos:					
em patamar (613 km)	2	8	20	80	1500
em rampa (137 km)	4	16	40	80	810
Mercadorias Ómnibus	1	6	10	45	810
Total de combóios em cada sentido:					
em patamar	8	29	60		
em rampa	10	37	80		

O consumo anual em cada um dos sistemas, e nas hipóteses atrás formuladas é o indicado no Quadro II.

O custo da energia foi calculado, admitindo que o preço do kWh fornecido, em qualquer dos casos às subestações, era de 4 cêntimos suíços.

Admite-se ainda que as perdas em corrente contínua eram de 5 % e em alterna de 3 %.

QUADRO II

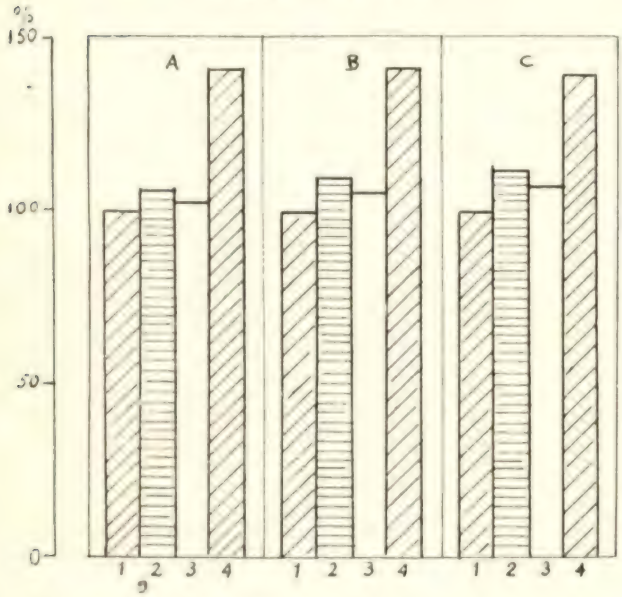
Sistema de corrente	Corrente contínua 3 kV			Corrente monofásica 15 kV, 16 2/3 Hz			Corrente monofásica 50 Hz, com rectificador			Corrente monofásica 20 kV, com motor 50 Hz		
Densidade de Tráfego	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Combóios Rápidos ligeiros	—	18,2	37	—	19	39	—	19	38	—	20	41
» Rápidos ordinários	9	34,8	87	9	36	90	8,8	35	88	9,5	38	95
» Semi-Rápidos	10,2	20	40	10,2	20	40	10	20	40	10,7	21	43
» Ómnibus	33	66	110	29,9	60	100	29,2	58	98	31,9	64	106
» de Mercadorias Rápidos:												
em patamar	19,4	77,5	193	19,6	76	197	19,2	77	192	20,8	84	208
em rampa	10,2	40,5	101	10,4	41	104	10,2	41	101	11,2	44	111
» de Mercadorias Ómnibus	9,2	54	90	8,5	51	85	8,3	49	82	8,9	53	89
Total em milhões de kWh	91,0	311,0	658	87,6	306	655	85,7	299	639	93,0	324	695

Não entrámos neste estudo nem com o custo das centrais de produção de energia, nem das linhas de transporte de alta, e nem com os salários do pessoal, que admitimos serem constantes em todos os sistemas de tracção.

Também desprezamos as despesas de protecção das linhas de corrente fraca paralelas às vias, na corrente alterna, na corrente contínua, as despesas de protecção contra a corrosão, e as despesas de eliminação das harmónicas no caso dos rectificadores.

Damos a seguir um quadro comparativo dos preços das linhas de contacto, subestações e dos veículos motores, em cada um dos sistemas de corrente.

QUADRO III



A — fraca densidade de tráfego
B — densidade de tráfego média
C — forte densidade de tráfego
1 — corrente monofásica de 16 2/3 Hz 15.000 V.
2 — corrente monofásica de 50 Hz 20.000 V. locomotivas com motores de 50 Hz
3 — corrente monofásica de 50 Hz 20.000 V. locomotivas com rectificadores
4 — corrente contínua de 3.000 V.

De onde se conclui que o emprego de corrente monofásica na tracção eléctrica é mais económico que o emprego de contínua, no que respeita à exploração.

E que dentro da metofásica, a mais económica é a monofásica contínua, sendo esta transformação feita por rectificadores. Por ser este sistema de tracção, o que possìvelmente maior desenvolvimento terá no futuro, daremos a seguir a descrição, mais pormenorizada, da linha Lancaster-Morecambe-Heysjam, electrificada neste tipo de corrente.

Descrição do equipamento

«A título experimental, os Caminhos de Ferro Ingleses resolveram empreender a electrificação, com corrente alterna e 50 períodos, da linha Lancaster-Morecambe-Haysjam para a utilização de três combóios, cada um composto de três carruagens, sendo a aparelhagem eléctrica projectada e fabricada pela «The English Electric Co. Ltd.», incluindo a aparelhagem de corte e os transformadores para a subestação.

A linha tem o comprimento de 7 milhas, a duas vias na maior parte do trajecto, e foi electrificada em 1908, funcionando a 6,6 kV, 25 períodos. Esta tensão era inicialmente obtida de uma central a vapor instalada em Heysnjam e ùltimamente deriva da rede nacional por meio de conversores rotativos. Até há pouco tempo funcionavam nesta linha três combóios de passageiros de duas viaturas utilizando motores monofásicos de comutação a 25 períodos. A adaptação desta linha aos 50 períodos trará apreciáveis vantagens económicas, continuando a utilizar-se a actual linha aérea.

O novo material rolante constará, por combóio, de uma locomotiva e duas viaturas. A locomotiva, alimentada a 6,6 kV, 50 poríodos, será construída com quatro motores de tracção, sendo a potência de cada uma de 215 HP em funcionamento contínuo durante uma hora.

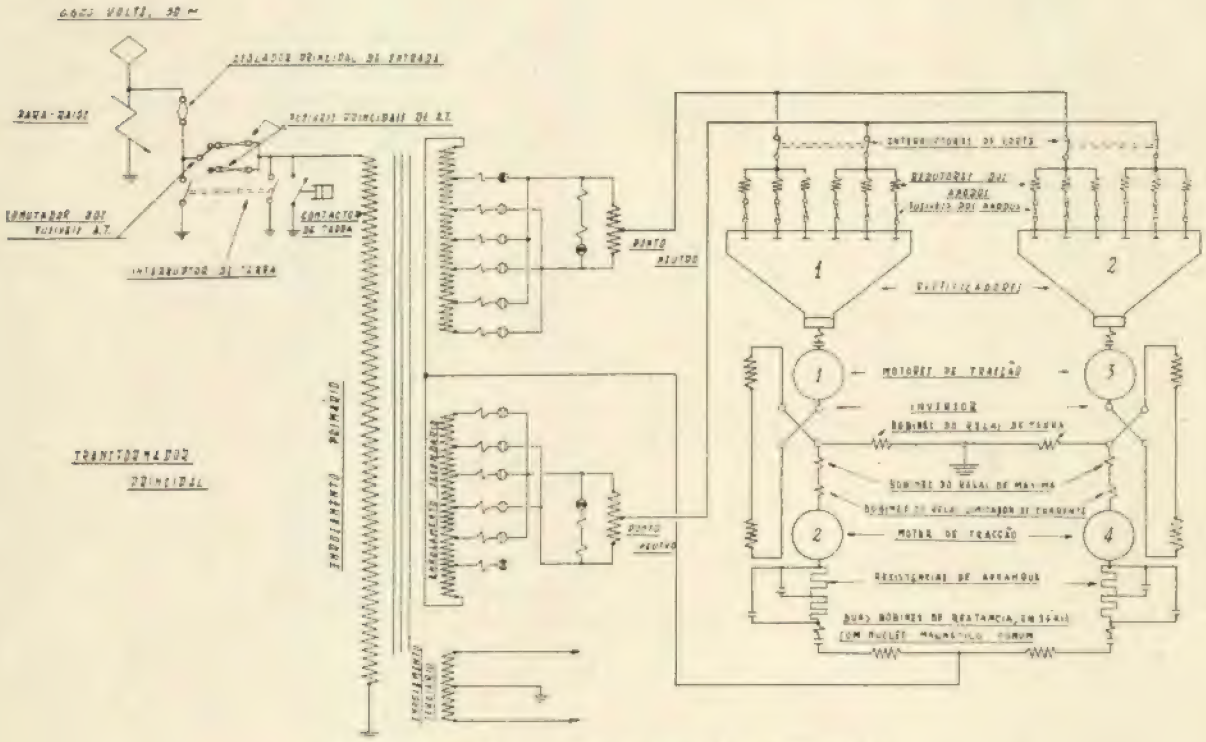
Reportando-nos ao esquema anexo vê-se que a alimentação é feita por meio de um pantógrafo único, sendo a tensão devidamente abaixada e rectificada para os motores série.

Os enrolamentos do secundário do transformador possuem tomas de tensão, ligando-se aos 6 anódios dos rectificadores com 3 em paralelo. Os rectificadores são do tipo de vapor de mercúrio, ampola metálica, sem bomba, com arrefecimento forçado por ventilador. Cada rectificador alimenta dois motores ligados em série, com o ponto médio à terra.

O transformador possui um enrolamento de 230/0/230 volts para os serviços auxi-

liares. A tensão para iluminação é obtida de um transformador abaixador independente com relação de transformação 230/24 volts. O aquecimento é obtido pelo enrolamento terciário a 460 volts. O compressor para os freios de ar é accionado por um motor de corrente contínua alimentado através de um rectificador de selénio e respectivos filtros de alisamento.

Tomaram-se precauções com o fim de permitir a regulação de temperatura dos rectificadores. Cada rectificador possui um aquecedor comandado por termóstato, de modo a permitir o pré-aquecimento da ampola em tempo extremamente frio quando este tiver ficado fora de serviço durante bastante tempo. Uma lâmpada indicadora, de cor azul, mostra ao condutor quando o



Esquema base do circuito de tracção de automotora

O comando dos motores de tracção é feito no transformador por um regulador constituído por dois grupos de contactores operados por cames e auto-transformadores com tomada média. Entre o pantógrafo e o primário do transformador está inserido um fusível de alta tensão, instalado no compartimento de alta tensão da locomotiva, e um pára-raios montado no tejadilho. As protecções contra sobrecargas são feitas por relés e contadores nos circuitos de corrente contínua.

Cada rectificador é protegido por seis fusíveis anódicos. O alisamento da corrente rectificada é feito por meio de dois reactores, em série, com circuito magnético comum.

aquecedor está em serviço, a fim de evitar que correntes elevadas sejam utilizadas durante o período de aquecimento.

O transformador é arrefecido por óleo através de um radiador com ventilador accionado por motor.

Este ventilador produz uma corrente de ar no compartimento onde estão montados o transformador e os rectificadores. Neste compartimento existem cortinas manobradas elèctricamente por termóstatos destinadas a controlar a entrada e saída do ar de arrefecimento. A temperatura do ar de arrefecimento dos rectificadores é portanto controlada automàticamente.

Equipamento da subestação

Na subestação estão instalados dois transformadores monofásicos de 833 kWh, 6,6 kV/6,6 kV, com arrefecimento natural por circulação de óleo, utilizando-se uma das três fases da rede nacional. Estes transformadores são de serviço exterior e foram montados ao lado de celas pré-fabricadas, onde se instalou a aparelhagem de corte, que compreende dois disjuntores de 250 MVA., para 6,6 kV, tipo OLX, com seccionamento por abaixamento da cuba de óleo, comandados mecânicamente e 4 disjuntores idênticos, comandados por solenoide, destinando-se à protecção dos transformadores e dos circuitos de alimentação.

Uma bateria e respectivo conjuntor-disjuntor fazem parte do circuito que alimenta o solenoide dos disjuntores acima referidos, e dos circuitos de comando e disparo.

Existe ainda um apinel, tipo cabine, para os instrumentos de medida, e um painel de fusíveis de baixa tensão.

A subestação está construída para funcionamento com comando a distância, de uma cabine de sinalização própria, na qual existem as necessárias lâmpadas indicadoras e interruptores de comando.

C. D. 621.311.15/9

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.) preparadas nos Serviços do R. N. C. a cargo da Companhia Nacional de Electricidade —

NOTA: *A produção e o consumo da rede das empresas do R. N. C. representam actualmente cerca de 90 % dos respectivos totais do país.*

Por ter saído trocado o gráfico referente à estatística de Março, voltamos a publicar a página completa devidamente corrigida.

I — Elementos gerais

a) Mensais (mês de Março) 10^6 kWh

	1952	1953	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	91,5	94,4 (2)	+ 2,9
Produção térmica (P_t) . .	7,0	12,2 (3)	+ 78,6
Produção total (P_T) . . .	98,5	106,6	+ 8,2
Cons. electroquímico (C_{eq})	14,2	12,4	— 12,7
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	70,9	81,3	+ 14,7
Consumo total (C_T) (1) . .	85,1	93,7	+ 10,1

b) Acumulados (desde o início do ano, isto é, de 1 de Janeiro a 31 de Março) 10^6 kWh

	1952	1953	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	274,3	332,4 (4)	+ 21,2
Produção térmica (P_t) . .	22,4	19,3 (5)	— 13,8
Produção total (P_T) . . .	296,7	351,7	+ 18,5
Cons. electroquímico (C_{eq})	37,2	67,1	+ 80,4
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	219,8	243,3	+ 10,7
Consumo total (C_T) (1) . .	257,0	310,4	+ 20,8

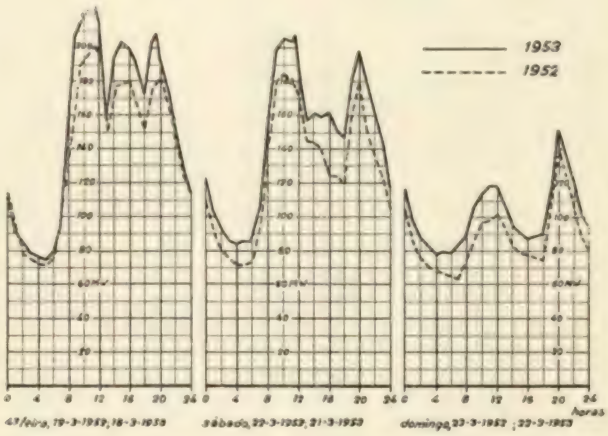
Notas:

(1) No consumo total (C_T) estão incluídas as perdas nas redes de transporte e de distribuição.

(2) 88,6 % P_T. (3) 11,4 % P_T. (4) 94,5 % P_T. (5) 5,5 % P_T.

II — Diagramas de carga da produção

	4.ª feira: 19-3-1952; 18-3-1953	
	1952	1953
Produção hidráulica (P_h) — MWh	3.170	3.177
Produção térmica (P_t) — MWh . .	238	582
Produção total (P_T) — MWh . . .	3.408	3.759
Utilização da ponta (U) — horas	16,87	16,40
Factor de carga (α)	0,70	0,68
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r).	0,36	0,33



III — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês de Março de 1953

Albufeira	Energia armazenada	
	10^6 kWh	% (1)
Venda Nova	43,9	53,1
Guilhofrei	2,8	33,5
Lagoa Comprida	17,0	73,0
Santa Luzia	18,6	55,3
Castelo do Bode	88,4	60,5
Pracana	6,1	59,3
Póvoa	3,7	23,2
Total (2)	185,1	56,1

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia.

(2) Total da rede das empresas do R. N. C.

C. D. 621.311.15/9

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.) preparadas nos Serviços do R. N. C. a cargo da Companhia Nacional de Electricidade —

NOTA: *A produção e o consumo da rede das empresas do R. N. C. representam actualmente cerca de 90 % dos respectivos totais do país.*

I — Elementos gerais

a) Mensais (mês de Abril) 10^6 kWh

	1952	1953	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	96,7	72,0 (2)	— 25,5
Produção térmica (P_t) . .	3,1	29,8 (3)	+ 861,0
Produção total (P_T) . . .	99,8	101,8	+ 2,0
Cons. electroquímico (C_{eq})	22,7	14,1	— 38,0
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	65,4	74,1	+ 13,3
Consumo total (C_T) (1) . .	88,1	88,2	+ 0,1

b) Acumulados (desde o início do ano, isto é, de 1 de Janeiro a 30 de Abril) 10^6 kWh

	1952	1953	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	371,0	404,4 (4)	+ 9,0
Produção térmica (P_t) . .	25,5	49,1 (5)	+ 92,5
Produção total (P_T) . . .	396,5	453,5	+ 14,4
Cons. electroquímico (C_{eq})	59,9	81,1	+ 35,4
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	285,2	316,6	+ 11,0
Consumo total (C_T) (1) . .	345,1	397,7	+ 15,2

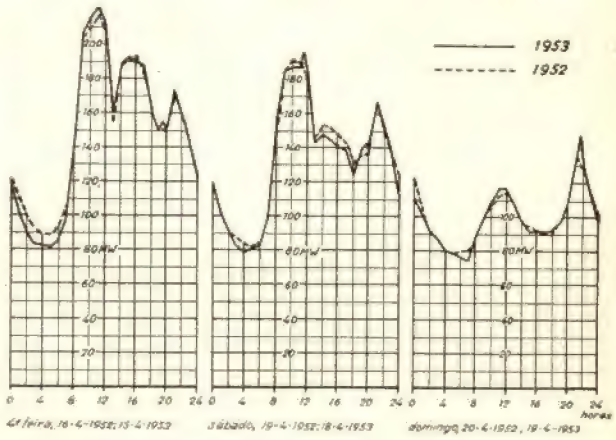
Notas:

(1) No consumo total (C_T) estão incluídas as perdas nas redes de transporte e de distribuição.

(2) 70,7 % P_T. (3) 29,3 % P_T. (4) 89,2 % P_T. (5) 10,8 % P_T.

II — Diagramas de carga da produção

	4.ª feira: 16-4-1952; 15-4-1953	
	1952	1953
Produção hidráulica (P_h) — MWh	3.530	2.196
Produção térmica (P_t) — MWh . .	103	1.411
Produção total (P_T) — MWh . . .	3.633	3.607
Utilização da ponta (U) — horas	16,67	16,19
Factor de carga (α)	0,69	0,67
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r).	0,40	0,36



III — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês de Abril de 1953

Albufeira	Energia armazenada	
	10^6 kWh	% (1)
Venda Nova	54,0	65,3
Guilhofrei	3,8	45,6
Lagoa Comprida	22,5	96,6
Santa Luzia	16,5	49,0
Castelo do Bode	87,2	59,7
Pracana	7,3	71,7
Póvoa	4,2	28,9
Total (2)	200,3	60,8

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia.

(2) Total da rede das empresas do R. N. C.

DO MUNDO TÉCNICO

C. D. 512.25:518.1

Resolução de sistemas de equações lineares por aproximações sucessivas

M. COURBON — Annales des Ponts et Chaussées
Janeiro-Fevereiro 1952

Dado um sistema de equações lineares, escrevem-se as equações isolando no 1.º membro sucessivamente cada uma das incógnitas. Partindo de um valor inicial qualquer para estas, podem-se deduzir, por aproximações sucessivas, os seus verdadeiros valores.

É fácil demonstrar que, no caso do sistema não ser indeterminado, a sucessão de valores obtidos é convergente e o seu limite independente dos valores tomados inicialmente.

As operações são realizadas muito fàcilmente com a ajuda de uma máquina de calcular eléctrica.

Seja, por exemplo, o sistema de equações:

$$\begin{cases} 22\,a = -300.000 - 6\,c - 5\,b \\ 32\,b = -144.000 - 5\,a - 6\,d \\ 22\,c = -300.000 - 2{,}5\,d - 6\,a \\ 51{,}5\,d = -288\,000 - 12\,b - 5\,c \end{cases}$$

Fazendo, no 2.º membro das equações, $a = b = c = d = 0$, a primeira dá:

$$a = -\frac{300.000}{22} = -13.636$$

e, substituindo este valor na 2.ª equação, vem:

$$b = \frac{-144.000 + 5 \times 13.636}{32} = -2.369$$

Fazendo o mesmo na 3.ª, obtém-se:

$$c = \frac{3000.000 + 6 \times 13.636}{22} = 17.355$$

Com os valores de b e c assim calculados, a 4.ª equação dá:

$$d = \frac{-288.000 + 12 \times 2.369 - 5 \times 17\,355}{51{,}5} = -6.725$$

e obtêm-se assim, numa primeira aproximação, os valores de a, b, c, d.

Repetindo as operações para este novo conjunto de valores obtêm-se outros valores mais aproximados dos verdadeiros, e assim sucessivamente. O quadro seguinte mostra a rapidez da convergência:

Incógnitas	Primeira aproxim.	Segunda aproxim.	Terça aproxim.	Quarta aproxim.	Quinta aproxim.	Sexta aproxim.	Sétima aproxim.
a	— 13.636	— 17.831	— 18.787	— 18 939	— 18.962	— 18.966	— 18.867
b	— 2.369	— 453	— 185	— 144	— 137	— 136	— 137
c	17.355	19.264	19.596	19 648	19.656	19.658	19.658
d	— 6.725	— 7.357	— 7.452	— 7.466	— 7.469	— 7.469	— 7.469

Como se vê, o trabalho material do cálculo é proporcional ao número de incógnitas, enquanto que nos métodos de resolução por substituição ou pelo emprego de determinantes, esse trabalho é proporcional ao quadrado do número de incógnitas. O método tem ainda a vantagem de eliminar automàticamante um erro cometido no decorrer de uma das aproximações.

Quando não se dispõe de máquina de cálcular pode haver vantagem em proceder de maneira um pouco diferente, como a seguir se indica, e que permite trabalhar com números menores. A convergência é então mais lenta, e um erro cometido no decorrer do cálculo não é eliminado.

Seja ainda o sistema:

$$\begin{cases} 22\,a = -300.000 - 6\,c - 5\,b \\ 32\,b = -144.000 - 5\,a - 6\,d \\ 22\,c = 300.000 - 2{,}5\,d - 6\,a \\ 51{,}5\,d = -288.000 - 12\,b - 5\,c \end{cases}$$

e a_1 b_1, c_1, d_1, um grupo de valores aproximados das incógnitas. Substituindo-os nos 2.os membros das equações, obtém-se outro grupo a_2, b_2, c_2, d_2, mais aproximado e assim sucessivamente.

Para valores iniciais nulos obtém-se:

$$a_1 = \frac{-300.000}{22} = -13.636 \qquad b_1 = -\frac{144.000}{32} = -4.500$$

$$c_1 = \frac{300.000}{22} = 13.636 \qquad d_1 = \frac{-288.000}{51{,}5} = -5\,592$$

Fazendo :

$$\begin{cases} \Delta a_{i+1} = a_{i+1} - a_i = \dfrac{-6\,\Delta c_i - 5\,\Delta b_i}{22} \\[2ex] \Delta b_{i+1} = b_{i+1} - b_i = \dfrac{-5\,\Delta a_i - 6\,\Delta d_i}{32} \\[2ex] \Delta c_{i+1} = c_{i+1} - c_i = \dfrac{-2{,}5\,\Delta d_i - 6\,\Delta a_i}{22} \\[2ex] \Delta d_{i+1} = d_{i+1} - d_i = \dfrac{-12\,\Delta b_i - 5\,\Delta c_i}{51{,}5} \end{cases}$$

obtêm-se imediatamente equações que permitem passar dos Δ_i para os Δ_{i+1}. Os valores finais das incógnitas são dados pelas somas :

$$\begin{cases} a = \Delta a_0 + \Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3 + \ldots \\ b = \Delta b_0 + \Delta b_1 + \Delta b_2 + \Delta b_3 + \ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

O quadro que a seguir se indica resume os cálculos referentes ao caso apresentado. Assim, tem-se, por exemplo :

$$\Delta a_1 = \frac{-6 \times 13.636 + 5 \times 4.500}{22} = -2.696$$

$$\Delta b_0 = \frac{5 \times 7 + 6 \times 5}{32} = 2 \qquad \text{etc.}$$

Incógnitas	Δ_0	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}	Valor final
a	— 13.636	— 2.696	— 1.910	— 317	— 295	— 48	— 46	— 8	— 7	— 1	— 1	— 18.965
b	— 4.500	3.179	473	516	84	81	13	13	2	2	0	— 137
c	13.636	4.354	767	653	107	101	17	16	3	3	0	19.657
d	— 5.592	— 275	— 1.163	— 185	— 184	— 30	— 29	— 5	— 5	— 1	— 1	— 7.470

J. S. B. F.

BIBLIOTECA

REFERÊNCIAS SOBRE LIVROS RECEBIDOS

C. D. 621.396.933.2

Radio Direction-Finding and Navigational Aids — Department of Scientific and Industrial Research — Radio Research — Special Report No. 21 — 42 págs. — 1951.

Esta brochura reune 9 artigos de autores alemães, de bastante interesse, sobre aspectos fundamentais da determinação de direcções pela rádio e da navegação pela rádio, contendo elementos de actual valor científico. Alguns dos tópicos abordados estão-se hoje tornando familiares para quem lida com estes assuntos, por exemplo: a precisão-limite usando ondas ionosféricas de alta frequência, e a influência do afastamento entre antenas na precisão dos instrumentos.

REVISTAS RECEBIDAS

	C. D.
Acta Physica, vol. 3, n.º 1	53
Acta Technica, vol. 4, n.ºs 3, 4	62
Aeroplane (The), n.ºs 2178 a 2189	629.13
Afinidad, n.ºs 123-24	66
Agronomia Lusitana, n.ºs 2-3, 4, 1952	62
Aircraft Engineering, n.º 290	629.13
Anais do Club Militar Naval, Jan. a Março, 1953	623
Anais da Faculdade de Farmácia do Porto, vol. 12, 1952	615
Anales de Mecanica y Electricidad, vol. 4, 5, 1952	621
Análise, n.º 35	016:53/54+62
Arcos, n.º 127	621.79.052
Arquitecto Construtor (El), n.ºs 731, 732	72
ASEA Journal, n.ºs 3-4, 5-6, 1953	621.3
Boletim da Junta Nac. da Cortiça, n.ºs 174, 175	634.985.5
Boletim Mensal de Estatística de Angola, Jan., Fev., 1953	31
Boletim Mensal de Informação «Laboratório de Engenharia Civil», n.ºs 48 a 50	025.45:016:62 + 66/69
Bol. da Ordem dos Engenheiros, vol. 2, n.ºs 9, 10	62+66
Boletim da Sociedade de Estudos de Moçambique, n.ºs 76, 77	7+8+9 (679)
Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa, n.ºs 1-3, 1953	910
Brotéria, n.ºs 5, 6, 7, 1953	1/3+7/8
Building Digest, n.ºs 5, 6, 1953	72
Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, n.ºs 5, 6, 1953	385
Bulletin Oerlikon, n.º 294	621.3
Bulletin Technique de la Suisse Romande, n.ºs 9 a 13, 1953	624/628 + 72
Cemento y Hormigón, n.ºs 230, 231	669
Chronique des Mines Coloniales (La), n.ºs 201, 202	622
Civil Engineering, n.ºs 563, 564	624/628
Compressed Air Magazine, n.ºs 5, 6, 1953	621.5
Dyna, n.ºs 4-5, 1953	62+66/69
Electrical Communication, n.º 1, 1953	621.39
Electricité, n.ºs 191 a 194	621.3
Energie, n.º 117	621.3
Engenharia (Brasil), n.ºs 125, 126	62/69
Engenheiro Westinghouse (O), Abril de 1953	621.3
Engineering, n.ºs 4551 a 4561	62+66/69
Estudos (C. A. D. C.), n.º 314	1/2+8
Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro, vol. 8, fasc. 1-2	622
Excavating Engineer, Abril, Maio, 1953	624.13
Gazeta dos Cam.ºs de Ferro, n.ºs 1569 a 1573	385
Gazeta de Matemática, n.º 54	51
Indústria do Norte (A), n.ºs 399 a 400	66/69
Indústria Portuguesa, n.ºs 301 a 302	62/69
Industrie des Plastiques Modernes, vol. 5, n.ºs 4, 5, 6	679.5
Informes de la Construccion, n.º 49	624/628
Ion, n.º 140, 141, 142	66
Marelli, n.ºs 7-12	621
Mensário das Casas do Povo n.ºs 83, 84, 85	(05) (061)
Metallurgia, n.ºs 282, 283, 284	669
Metallurgia Italiana (La), n.ºs 4, 5, 1953	669
Neptuno, n.º 199	387
Ossature Metalique (L'), n.º 5, 1953	624.014
Philips Industrie, n.ºs 16, 17, 18	621.3
Recharche Aeronautique (La), n.º 32, 1953	629.13
Revista de Artilharia, n.ºs 334-35, 336	623
Revista Danfoss, n.º 1, 1953	621 (05)
Revista de Economia, vol. 6, 1953	3
Revista Electrotécnica, n.ºs 2, 3, 4, 1953	621.39
Revista da Escola de Minas, n.º 5, 1952	621/2
Revista Industrial y Fabril, n.ºs 78-79	62+66/69
Revista das Obras Publicas, n.º 2857	624/628
Revista do Sindicato N. dos Engenheiros Auxiliares e Agentes Técnicos de Engenharia, n.ºs 82 a 86	62+66/69
Revue ACEC, n.º 1, 1953	621.3
Revue L'Air Liquide, n.º 2, 1952	621.791.7
Revue Brown Boveri, n.ºs 8/9, 11, 12, 1952	621.3
Revue du Nickel, n.ºs 4, 5, 6, 1952	669.24
Revue Technique Sulzer, n.º 4, 1952	621.3
Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, n.ºs 1, 2, 1953	526 (45)
Science et Vie, n.º 427	5+6
Siemens Zeitschvift, Abril, 1953	621.3
Suíça Técnica, n.º 2, 1953	62+66/69
Vértice, n.ºs 116, 117	1/3+7/8

FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Fernando de Melo Alves da Silva, Joaquim Pires Chicau, Nuno M. de Almeida Alves e Rodrigo Teixeira de Almeida

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por C. D. *(classificação decimal)*.

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina com 75 × 125 mm..

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita*, independentemente do número de algarismos que o índice contiver.

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T..

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro de Classificação Decimal.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. 537.531

Raios X e Rádio — *V. E., Pullin.*
Inquérito, vol. 1, pág. 38.

C. D. 553.44 + 55 (4693)

Geologia e Jazigos de Chumbo e Zinco da Beira Baixa — *Décio Thadeu.*
Sociedade Geológica de Portugal, 951, vol. 1, pág. 140.

Separata do Boletim da S. G. P.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 338 : 62 (42)

The Engineering Ontlook.
Engineering, 2-1-953, vol. 175, n.º 4536, pág. 9.

C. D. 378 : 62

Post-War Problems in Engineering Education — *Prof. Kastner, L. I.*
Engineering, 27-2-953, vol. 175, n.º 4544, pág. 283.

C. D. 532.137.082.4

La viscosidad medida ultrasónicamente.
Dyna, 4-953, vol. 28, n.º 4, pág 120.

Trans. de «Chemical Engineering», Jun. — 952, pág. 224.

C. D. 534.321.9.06 : 639.226

Ultrasonic Equipment for bocating Whales.
Engineering, 16-1-953, vol. 175, n.º 4538, pág. 90.

C. D. 536.75 : 523.1

Va a la muerte el Universo? — *Jaime María del Barrio (S. I.).*
Afinidad, 3 e 4-953, vol. 30, n.ºs 123-4, págs. 37-44.

C. D. 538.2.001.5 : 621.318.22

Les caractéristiques maquétiques des acieres — Leurs rapports avec la Structure — *Dion, G. H.*
Ingénieurs et Techniciens, 1-953, n.º 51, pág. 11.

C. D. 538.3.002 : 621.385 : 546.3

La Détection des Métaux par une Méthode Életromaquétique — *Lehry, J.*
Ingénieurs et Techniciens, 1-953, n.º 51, pág. 17.

C. D. 539.152 : 546.11.02

La bomba de hidrógeno — *J. M. Alonso — Viguera.*
Revista Industrial y Fabril, 7-952, vol. 7, n.º 70, págs. 376-81.

C. D. 539.17.07

Nucleonic Instruments at the British Atomic Energy Research Establishment — *Taylor, Denis.*
Engineering, 10-4-953, vol. 175, n.º 4550, pág. 449.

C. D. 547.94 : 587.36

Alcaloides de las leguminosas-papilionáceas. — Alcaloides de la «Retama Sphaerocarpa» — *I. Ribas e J. Vegas.*
Ion, 3-953, vol. 13, n.º 140, págs. 148-56.

C. D. 620.1

The Warping of thin shells — *William Morse.*
Aircraft Engineering, 5-953, vol. 25, n.º 291, págs. 144-6.

C. D. 621.3.003

Electricity and current affairs — *B. H. Leeson, presidente do I. E. E.*
The Proceedings of the I. E. E., 1-953, vol. 100, n.º 121, pág. 1.

Na fiação, V. Ex.ª pode contar com os S/V Woolrex Oils para aumentar a resistência do fio, e reduzir ao mínimo as ruturas.

Estes notáveis óleos para lãs penetram, uniformemente, em cada fibra individual. Mantêm as fibras macias e flexíveis durante a fiação, de modo que a operação se faz quasi sem ruturas.

Nas cardas, V. Ex.ª consegue maior trabalho antes de ser necessária nova limpesa aos cilindros cardadores. Não formam gomas, e a lã oleada com estes óleos, não perde a cor com um prolongado armazenamento.

Os S/V Woolrex Oils eliminam-se com facilidade, segundo as convencionais operações de lavagem dos tecidos, sendo necessário unicamente o emprego de pequenas quantidades de sabão.

Peça mais detalhes ao representante da Socony-Vacuum.

S/V WOOLREX

ÓLEOS PERFEITOS PARA LÃS

SOCONY-VACUUM

2470

C. D. 621.311.(001) (494)

Production et consommation d'énergie Electrique en Suisse.

Bulletin Technique de la Suisse Romand, 21-4-953, n.º 8, pág. 107.

C. D. (621.311.22 + 621.165) : 66.02

60-MW Power Station at the Wilton Worksof of Imperial Chemical Industries.

Engineering, 26-12-952, vol. 174, n.º 4535, pág. 820.

C. D. 621.311.22 (42)

Bankside «B» Power Station, London.

Engineering, 23-1-953, vol. 175, n.º 4539, pág. 107.

C. D. 621.311.25 : 621.548

100 KW Wind-Driven Electric Generator.

Engineering, 13-2-953, vol. 175, n.º 4542, pág. 213.

C. D. 621.313.322 — 722

Fan-Cooled Alternator for East Africa.

Engineering, 27-2-953, vol. 175, n.º 4544, pág. 281.

C. D. 621.315.027.7 (485)

380 — KV Swedish Transmission System.

O artigo tem ainda indicações sobre transformadores, cabos, disjuntores e tipos de condutores para a tensão indicada.

Engineering, 12-12-952, vol. 174, n.º 4533-4, págs. 748-751/781-784.

C. D. 621.315.61.001.5

Developments in Electrical Insulating Materials.

Engineering, 20-3-953, vol. 175, n.º 4547, pág. 375.

C. D. 621.315.663.2

The Design of a Light-Weig 275-KV — Transmission Tower. — *P. J. Ryle.*

Engineering, 20-2-953, vol. 175, n.º 4543, pág. 225.

C. D. 621.316.543.064

Current Chopping in High-Voltage Circuit-Breakers — *A. F. B., Young.*

Engineering, 6-2-953, vol. 175, n.º 4541, pág. 190.

C. D. 621.316.727

40 MVA Synchronous Condenser.

Engineering, 6-3-953, vol. 175, n.º 4545, pág. 294.

C. D. 621.316.933

Lightning Arresters — Refuirementts and Design Problems in the Ligh of Swedish Experience — *B. Grundmark.*

Asea Jornal, 52-53, vol. 26, n.ºs 1-2, pág. 17.

C. D. 621.332.3.025.1

Overhead Construction for 50-cycle Single-Phase Traction.

Engineering, 2-1-953, vol. 175, n.º 4536, pág. 12.

C. D. 621.337.5

Electric Traction Braking — *Wall, T. F.*

Engineering, 20-2-953, vol. 175, n.ºs 4544-4548-4549, págs. 244-324-419.

C. D. 621.438

The Dowty Spill-burner fuel sistem.

A detailed description of the system, its components and operation, developed around the spill burner.

Aircraft Engineering, 5-953, vol. 25, n.º 291, pags. 133-43.

C. D. 621.438.001.4

A modern jet engine test plant.

The Aeroplane, 15-5-953, vol. 84, n.º 2182, pág. 643.

C. D. 621.548 : 621.311.25

100 — Kw Wind-Driren Electric Generator.

Engineering, 13-2-953, vol. 175, n.º 4542, pág. 213.

C. D. 621.741 : 679.5

Shell moulding — a new foundry technique.

Aircraft Engineering, 5-953, vol. 25, n.º 291, pág. 151.

C. D. 621.742.41 : 679.56

Las resinas sintéticas en la fundición — *Alxaro Merello.*

Dyna, 4-953, vol. 28, n.º 4, págs. 109-12.

Emprego das resinas sintéticas como aglutinantes da areia dos moldes.

C. D. 621.791 : 621.386.001

X-Ray Equipment for Radiography of welde — *F. W. Wateitan.*

Engineering, 12-12-952, vol. 174, n.º 4533, págs. 774.

C. D. 621.791.736 : 621.385

La commande Électronique des Machines a Souder par Points — *Dusailly. J. F.*

Ingénieurs et Techniciens, 1-93, n.º 51, pág. 23.

C. D. 621.827.6 : 621.364.15

Black-Bolt Heading, Plant with Induction Heating.

Engineering, 13-2-953, vol. 175, n.º 4542, pág. 193.

C. D. 621.928.3 : 621.34 : 664.1.055

High Efficiency Centrifugals for the Sugar Industry.

952/953, vol. 26, n.º 12, pág. 3.

C. D. 621.95 : 621.385

Electronic Torfue Control of Drills.

Engineering, 27-2-953, vol. 175, n.º 4544, pág. 278.

C. D. 625.878

Aplicação do latex no melhoramento dos revestimentos das estradas.

Análise, 6-953, n.º 35, págs. 15-7.

De «Le Latex — Sa technique, ses applications» — por M. Duriez.

GRANDES QUANTIDADES DE ÁGUA POR POUCO DINHEIRO

Sempre que a vossa colheita precisa de ser regada, as Bombas Centrifugas Gardner-Denver estão prontas a fornecer grandes quantidades de água. A sua construção robusta evita quaisquer falhas durante o serviço – estas bombas protegem as vossas colheitas com um mínimo de despesa. Para informações pormenorizadas, consulte o nosso representante.

DESDE 1859

GARDNER-DENVER

Gardner-Denver Company, Export Division:
233 Broadway, New York 7, N. Y., U.S.A.
Gardner-Denver Company, Quincy, Illinois, U.S.A.

COMPRESSORES, BOMBAS E PERFURADORES DA MAIS ALTA QUALIDADE

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL:

CASTOR LAORDEN BESGA

16-C, RUA D. FILIPA DE VILHENA, 16-D • LISBOA

Ad No. 49

C. D. 626.8 + 621.311.21 (54)

The Tungabhadra Irrigation and Power Scherme — *R. Dorai Rajan.*

Engineering, 6-2-953, vol. 175, n.º 4541, pág. 161.

C. D. 626.8 (54)

The Lower Charanidam, Madras — *R. Dorai Rajnn.*

Engineering, 19-12-952, vol. 144, n.º 4534, pág. 177.

The Lower Charanidam, Madras. Descrição da maior barragem do mundo, na Índia, destinada a irrigação.

C. D. 629.13.012 — 4 : 679.5

Aircraft structural plastics.

The Aeroplane, 19-6-953, vol. 84, n.º 2187, pág. 808.

C. D. 629.13.014

Wing structures of future aircraft.
A survey of materials, methods and possible configurations — *Olle Ljungström.*

Aircraft Engineering, 5-953, vol. 15, n.º 291, págs. 128-32.

C. D. 629.13.002

Sixteen years of aeronautical enginnering-technical retrospect.

The Aeroplane, 29-5-953, vol. 84, n.º 2184, págs. 688-90.

C. D. 629.135.0015

Developing a naval jet fighter.

The Aeroplane, 12-9-953, vol. 2186, págs. 766-75.

C. D. 629.135.21

Douglas DC-7 transport

The Aeroplane, 5-6-953, vol. 84, n.º 2185, pág. 739.

C. D. 631.811.6

Fertilizantes magnesianos — *Luis Adelantado Fernandez.*

Revista Industrial y Fabril, 4-953, vol. 8, n.º 79, págs. 210-3.

C. D. 639.226 : 534.321.9.06

Ultrasonic Equipment for Locating Whales.

Engineering, 16-1-953, vol. 175, n.º 4538, pág. 90.

C. D. 65.011

A simplificação do trabalho e os métodos científicos de a operar — *J. Dumas.*

Indústria Portuguesa, 4-953, vol. 26, n.º 302, págs. 119-23.

Conferência proferida pelo Autor, do Centro de Organização Científica do Trabalho, de Paris, na Assoc. Industrial Portuguesa.

C. D. 621.266 + 661.5 + 662 753

Procesos industriales de la «Société Chimique de la Grande Paroisse».

Revista Industrial y Fabril, 4-953, vol. 8, n.º 79, págs. 228-37.

Síntese do amoníaco. Fabricação de ácido azótico e de nitrato e cloreto de amónio. Pirogenação de xistos betuminosos.

C. D. 661.5 + 661.266 + 662.753

Procesos industriales de la «Société Chimique de la Grande Paroisse».

Revista Industrial y Fabril, 4-953, vol. 8, n.º 79, págs. 228-37.

Síntese do amoníaco. Fabricação de ácido azótico e de nitrato e cloreto de amónio. Pirogenação de xistos betuminosos.

C. D. 662.753 + 621.266 + 661.5

Procesos industriales de la «Société Chimique de la Grande Paroisse».

Revista Industrial y Fabril, 4-953, vol. 8, n.º 79, págs. 228-37.

Síntese do amoníaco. Fabricação de ácido azótico e de nitrato e cloreto de amónio. Pirogenação de xistos betuminosos.

C. D. 664.1.055 : 621.34 : 621.928.3

High Efficiency Centrifugals for the Sugar Industry.

1-2-953, vol. 26, n.º 1-2, pág. 3.

C. D. 667.047.004.15

La eficiencia máxima en las instalaciones de secado de textiles.

Téxtil, 12-952, vol. 15, n.º 184, pág. 26.

C. D. 667.047.2

Un extractor de sucção a toda a largura.

Téxtil, 6-952, vol. 15, n.º 178, pás. 25-6.

Trans. de «British Rayon and Silk Journal». Extractor para a eliminação do excesso de humidade de tecidos de rayon e seda, após a tintura.

C. D. 667.2.037.36

Máquina automática de teñir en bobinas.

Téxtil, 6-952, vol. 15, n.º 178, págs. 32-4.

Trans. de «British Rayon and Silk Journal».

C. D. 669.14 : 546.722 — 31

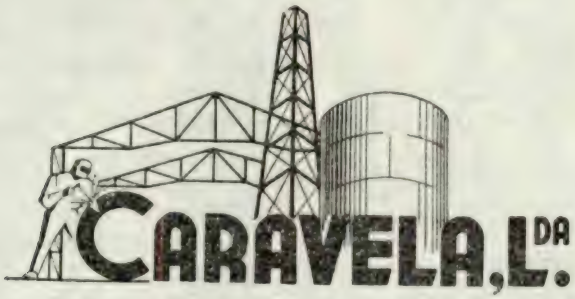
Oxígeno en acero — *Clemente Artero Soteras.*

Revista Industrial y Fabril, 4-953, vol. 8, n.º 79, págs. 214-8.

Solubilidade do oxigénio no ferro; sistema Fe — O. Influência do oxigénio na qualidade do aço.

Vista da nave das máquinas das instalações da Lusalite em África
Executada pela Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, LTD.ª (Antiga OMES)

FÁBRICA METALURGICA E CONSTRUTORA



Nesta oficina executam-se também outros trabalhos; como:

Reservatórios, estruturas metálicas para aparelhos de elevação, postes metálicos, condutas metálicas, pontes metálicas, etc.

Sede: Avenida Infante D. Henrique — Talhão 10 — LISBOA

Telef. { 399008 / 399480

C. D. 669.144.018.8 — 1 : 66

Los aceros inoxidables en la indústria química — *Luis Jansana (I. Q. S.).*

Afinidad, 3 e 4-953, vol. 30, n.º 123-4, págs. 56-9.

Características físicas e mecânicas e trabalho dos aços inoxidáveis.

C. D. 669.187

Arc welting for the foundry (New Birlec installation at Hadfields).

Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, págs. 126-8.

Descrição de um forno de arco directo Birlec Leccomelt, de 20 tons., para a produção de aço de alta qualidade.

C. D. 669.36 — 137.2

Uber dje Wirkung des Arsens auf die Warmverformbarkeit und Senweissbarqueit des Kupfers — *A. Scheleicher.*

Acta Technica Acad. Scient. Hung., 1953, vol. 6, n.º 1-2, págs. 201-7.

Efeito do arsénio no trabalho a quente e na soldabilidade do cobre.

C. D. 669.447 : 621.357.12

Obtención electrolítica de plomo de elevada pureza — *Piontelli e Fagnani.*

Ion, 3-953, vol. 13, n.º 140, págs. 164-7.

Trans. de «La Chim, e l'Industria», Nov. 1952.

C. D. 676.2.042.6 : 545

Análisis de la carga de un papel — *J. Navarro (I. Q. S).*

Afinidad, 3 e 4-953, vol. 30, n.º 123-4, págs. 52-5.

C. D. 677.01 — 168

Mistura de fibras. — Possibilidades universais para rayons e fibras sintéticas.

Téxtil, 10 e 11-952, vol. 15, n.º 182-3, págs. 19-21.

Trans. de «British Rayon and Silk Journal».

C. D. 677.1/4 — 17

El encogido de los tejidos y la lavabilidad.

Téxtil, 6-952, vol. 15, n.º 178, págs. 21-3.

Trans. de «Canadian Téxtil Journal».

C. D. 677.151

El Ramio — Su aplicación en la industria textil — *Jose A. Montemayor.*

Téxtil, 12-952, vol. 15, n.º 184, págs. 37-9.

Trans. de «Téxtiles Panamericanos».

C. D. 677.46.024

Preparación para el tisaje de rayón — *H. Mardsen, (M. C.).*

Téxtil, 12-952, vol. 15, n.º 184, págs. 33-6.

Trans. de «British Rayon Silk Journal».

C. D. 677.521

Le verre textile — *P. Damiron.*

Science et Vie, 4-953, vol. 83, n.º 427, págs. 293-9.

Fibras de vidro «Silionne» e «Verranne»: fabricação e aplicações.

C. D. 678.77

El elastron — (polisulfuro de polietileno) — *A. Rodriguez Villa.*

Ion, 2-953, vol. 13, n.º 139, págs. 81-9.

A borracha sintética «elastron»: constituição, propriedades, elaboração, vulcanização, emprego como material isolante e protector de cabos; referência à sua dispersão aquosa (Elastron-látex).

C. D. 679.579

Aspects théoriques et pratiques de la stabilisation des résines vinyliques — *G. P. Mack.*

Industrie des Plastiques Modernes, 3-953, vol. 5, n.º 3, págs. 34-5.

C. D. 679.59.029.4

La soudage du polyéthiléne par impulsions infra-rouges — *M. Kerhoas.*

Industrie des Plastiques Modernes, 3-953, vol. 5, n.º 3, págs. 30-1.

C. D. 681.613.9

Une supermachine à écrire — 400 caractères à la seconde — *E. Leryer.*

Science et Vie, 3-953, vol. 83, n.º 426, págs. 203-4.

C. D. 691.135 : 782.3.002.22

O aglomerado negro de cortiça na construção de casas pré-fabricadas.

Boletim da Junta Nacional da Cortiça, 3-953, vol. 15, n.º 173, págs. 125-30.

C. D. 778.62

1953, année de la couleur ? — *Marcel Natkin.*

Science et Vie, 4-953, vol. 83, n.º 427, págs. 313-20.

Fotografia a cores; técnicas americana e europeia. Aplicação ao cinema. Aparelhagem.

ZARCÃO
SENTINELA
PORTUGAL
NAVEGAÇÃO
OLARIAS E FAIANÇAS
SENTINELA
PORTUGAL
ESTRUT. METÁLICAS
CRISTAIS
BATERIAS
CABOS
FABRICADO NOS SEGUINTES TIPOS:
"O"=28-30% PbO2
"AC"=30-32% PbO2
"NS"=33% PbO2
● TODOS OS TIPOS OBEDECEM RIGOROSAMENTE ÀS ESPECIFICAÇÕES INTERNACIONAIS
● FABRICAÇÃO UNIFORME ● EMBALAGENS DE: 50-100 E 250 Kgrs
FABRICO ELECTRO-QUIMICO
DA
METAL PORTUGUESA, L.DA
SEDE E FA'BRICAS
CASTANHEIRA DO RIBATEJO
ESCRITÓRIOS EM LISBOA
AV. 24 DE JULHO, 54 1.º ESQ.
A' VENDA NOS GRANDES ARMAZENISTAS E REVENDEDORES DE DROGAS

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

Liberte as suas mãos!
Para uma maior produção!

O desperdício de mão de obra impede o aumento de produção. Um só homem e um **EMPILHADOR CONVEYANCER** fazem o trabalho de uma brigada completa.

Utilizando um **CONVEYANCER** todos os materiais e produtos podem ser **elevados, transportados** e **empilhados** mais fácil e ràpidamente, por uma fracção do custo do trabalho manual.

Conveyancer

LIFT
FORK TRUKS
FLUID DRIVE

— GASOLINA —
— D I E S E L —
— ELÉCTRICOS —

ENTREGAS RÁPIDAS

GANHE TEMPO E DINHEIRO
MECANIZANDO

AGENTES

AHLERS LINDLEY L.DA

Rua do Ferregial de Baixo, 33, 2.º — LISBOA

Telef. 21321/4

escreve para todos em todo o mundo
ST.
Everest
máquinas de escrever e de calcular
AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL
Agência Comercial Sueca, L.da — R. dos Fanqueiros, 250, 2.º E. — LISBOA
TEL. 20353 — 32903
SERIO S. p. A. - MILANO
STABILIMENTI A CREMA

Instalações completas de Relógios Eléctricos com ou sem sinalização. Máxima precisão

Relógios-Mãe, Relógios secundários para interior e exterior, Relógios de ponto, Etc..

Representante geral: BORSARI & MEIER S. A. — Zurich, Suissa

Pedidos de orçamentos ao seu agente para Portugal Continental e Ultramarino

FACTO LIMITADA

RUA DA MADALENA, 46, 2.º — LISBOA ✦ Telef. 22948 / 27338

RELÓGIOS DE CONTROLE PARA TODOS OS FINS

Utilizáveis em

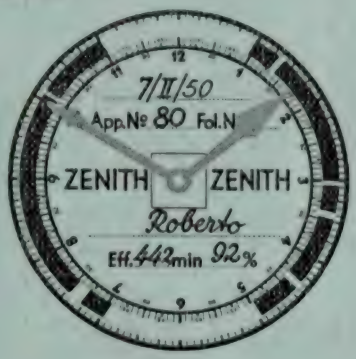
- Veículos de carga
- autocarros
- máquinas de todos os tipos
- tractores
- serviço de ronda
- locomotivas
- serviços públicos

Etc.

Algumas vantagens:

Maior rendimento pelo perfeito controle — análise dos processos de trabalho — segurança nos cálculos de preços de custo — exactidão nas desvalorizações de máquinas e veiculos.

SEM controle Zenith: - 61 % (4 h 56 m) de trabalho útil numa jornada de 8 horas.



COM controle Zenith: - 92 % (7 h 17 m) de rendimento para o mesmo trabalho em 8 horas.

FABRIQUES DES MONTRES ZENITH — LE LOCLE (SUISSE)

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156 TELEG. EPALDA—LISBOA

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

SOPECATE

Sondagens e Fundações

Rua do Arsenal, 146-2.º Esq.

Telefone 3 4010 LISBOA

Executou as estacas de betão armado moldadas no terreno, para a fundação dos pórticos do pano de fundo do cinema CONDES.

Divida o seu trabalho em «zonas»

PARA OBTER MAIOR RENDIMENTO

Escolha o seu material de terraplenagem sempre em função da distância de transporte, não esquecendo que a **«Caterpillar»** *é o único fabricante que possui uma linha completa de equipamento para todos os problemas de terraplenagem.*

1) ZONA DAS DISTANCIAS CURTAS:

Esta é a zona dos tractores de rasto equipados com bulldozers. Zona onde a tracção, a aderência e a máxima estabilidade são factores essenciais. Nesta zona tem lugar o arrancamento de árvores, a remoção de pedras e vegetação, a abertura de estradas de acesso, os cortes a meia encosta e o transporte de materiais soltos a curta distância.

2) ZONA DAS DISTANCIAS MÉDIAS:

Esta zona é, geralmente, de áreas desbravadas onde as máquinas trabalham em terreno desigual e, por vezes, com rampas fortes.

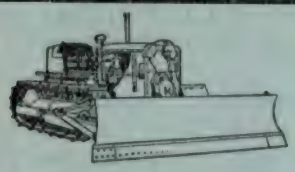
Além de ser necessário também o máximo esforço de tracção, a maior distância de transporte dá a vantagem ao «Scraper», no qual o material excavado é transportado sobre pneus.

Para este trabalho, que exige força em baixa velocidade, o melhor equipamento é o tractor «Caterpillar» de rasto, combinado com o «scraper».

3) ZONA DAS DISTANCIAS LONGAS:

Neste caso, para diminuir o custo do transporte de grande quantidade de material, a velocidade constitui elemento essencial. A terra é escavada e transportada a grandes distâncias para ser descarregada e espalhada. Para rápido deslocamento de grandes cargas nada iguala a eficiência dos tractores «Caterpillar» de rodas pneumáticas combinados com «scrapers» e vagões. É indiscutível a vantagem económica de se possuir equipamento de uma só origem de fabricação.

Veja a linha completa de equipamento «Caterpillar» para as três zonas de terraplenagem.



SCRAPERS

Nove tamanhos e modelos diferentes para tractores de rasto e de rodas pneumáticas.

BULLDOZERS

28 modelos de tamanhos e arranjos diferentes incluindo os de lâmina transversal e angulável.

EQUIPAMENTO COM RODAS PNEUMÁTICAS

Dois modelos diferentes de tractores de 4 rodas e um de 2 rodas.

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA - S. A. R. L.

AVENIDA A, N.° 8, AREEIRO

LISBOA — PORTUGAL

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Sourę e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

DUPLICADORES

Manuais e eléctricos.

Gestetner

OS MELHORES DO MUNDO

A GESTETNER, L.DA

RUA DA CONCEIÇÃO, 125 — Telefone 2 2528 - LISBOA | LARGO DO PADRÃO, 20, 1.º — Telefone 2 3469 - PORTO

PRODUTOS DYRUP

UMA TINTA QUE PINTA

FÁBRICA DE

TINTAS DE SACAVÉM

S. A. R. L.

SACAVÉM—PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105 E 186 / LISBOA 42651 42156

Oficina e Laboratórios

do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

●

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — LISBOA

TEL. 38171/6

telefones • radio • cabos

JANSON LIMITADA

EQUIPAMENTO PARA A INDÚSTRIA DE REPARAÇÃO DE AUTOMÓVEIS E ESTAÇÕES DE SERVIÇO

Máquinas e ferramentas:

- OFICINAS DE RECONDICIONAMENTO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA
- OFICINAS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
- OFICINAS DE MECANICA GERAL

ESTUDOS E PROJECTOS

TELEF. 5 3142

RUA D. FILIPA DE VILHENA, 10 ◆ **LISBOA**

Construções Técnicas, Limitada

Praça do Município, 13, 3.º — LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES
BETÃO ARMADO
OBRAS PÚBLICAS

Silo da S. I. Vila Franca, executado peio sistema de moldes deslizantes «Frometo».

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

SERRALHARIAS,

CALDEIRARIA,

FERRARIA,

FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

EDUARDO GOMES CARDOSO, SUC.RES

CONSTRUTORES MECÂNICOS

AV. 24 DE JULHO, 26 — LISBOA

ENDER. TEL. EDCARD — TELEFONE 6 0239

Máquinas para a Indústria Corticeira

Máquinas para a Indústria de Conservas

Geradores de gaz pobre para lenhas, desperdícios de madeiras, antracites, carvões vegetais e casca de arroz

Bombas: Centrífugas e rotativas

Transmissões: Veios, uniões, rígidas e de fricção (embraiagens) redutores de velocidade, chumaceiras de rolamentos esféricos, automáticas e de tipo Sellers

Soldaduras: Eléctricas e a Autogéneo

Construções e reparações mecânicas

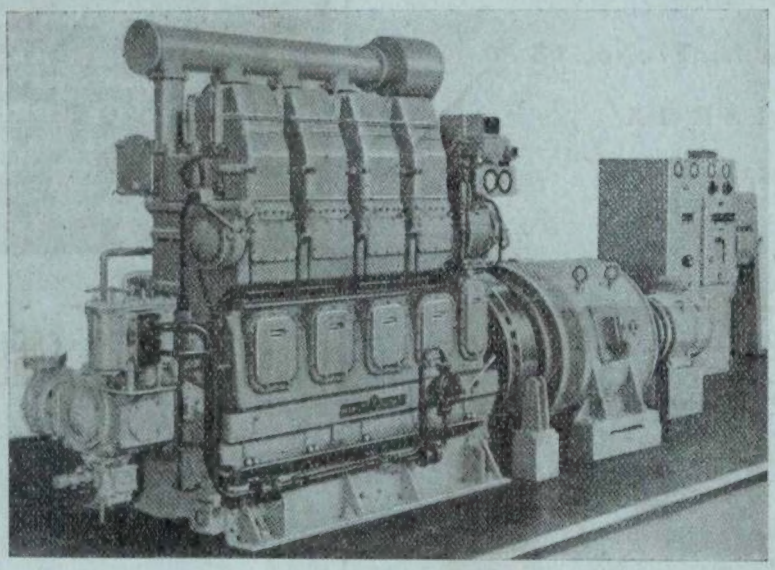
Desenhos e orçamentos

MOTORES DIESEL INDUSTRIAIS

'ENGLISH ELECTRIC'

Os motores **Diesel** a quatro tempos, tipo RK, da «The English Electric Company Limited», largamente utilizados em geradoras, estações de bombagem e, de um modo geral, em instalações industriais com potências superiores a 200 HP, são unidades de 4, 5, 6, 7 e 8 cilindros construídas para funcionamento entre 600 e 750 r. p. m.

Na figura vê-se um grupo com motor de 300 HP, alternador de 208 KW, excitatriz e quadro de comando.



Representantes exclusivos para Portugal e África Ocidental Portuguesa:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

R. Cascais, 47 (Alcântara)
LISBOA
Telefone 37083

R. do Almada, 262-1.º
PORTO
Telefone 25021

E

VILA FRANCA DE XIRA

LUANDA

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.°
TELEF. 3 2774

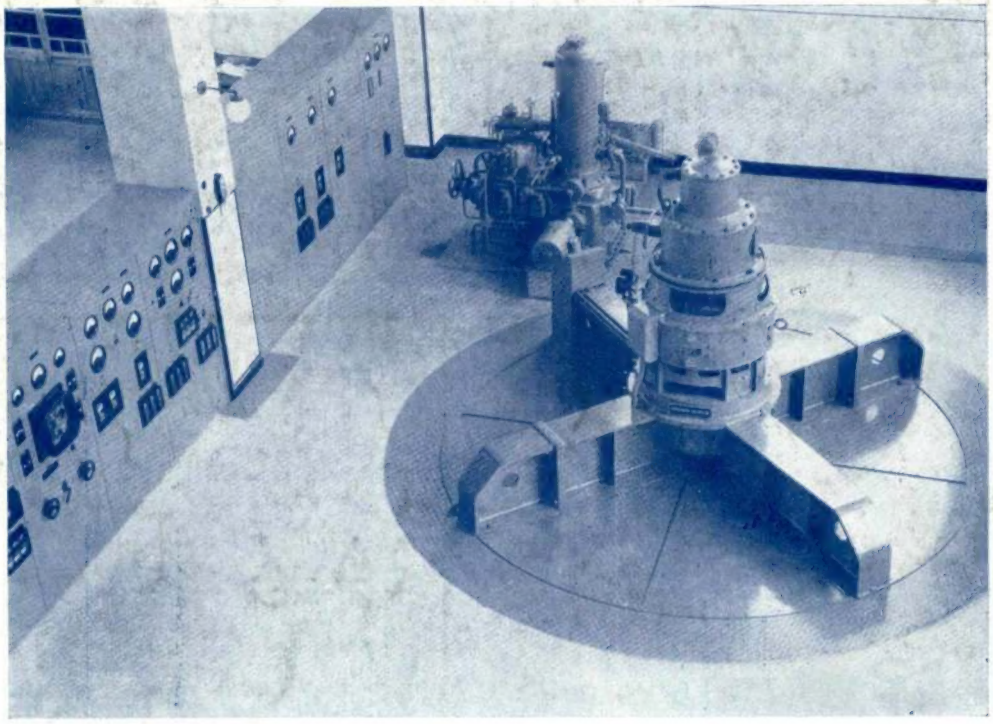
LISBOA

BADEN BROWN BOVERI SUIÇA

Representada em Portugal e Ultramar por

EDOUARD DALPHIN

Rua Sá da Bandeira, 481-2.º • PORTO • Telefone 23411



Central da Penide no Cávado entre Braga e Barcelos. Curiosa disposição do 1.º alternador instalado em Portugal com estator todo embutido no pavimento dando um aspecto agradável. Potência 2.250 kVA, 167 rot/m.

Fornecimento de máquinas para produção, distribuição e utilização de energia eléctrica. Turbinas e geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Altas frequências. Telecomunicações e telecomandos, etc.

BROWN, BOVERI & CIE